

# Magyarország és a CERN

Horváth Dezső

horvath@rmki.kfki.hu

RMKI, Budapest és ATOMKI, Debrecen



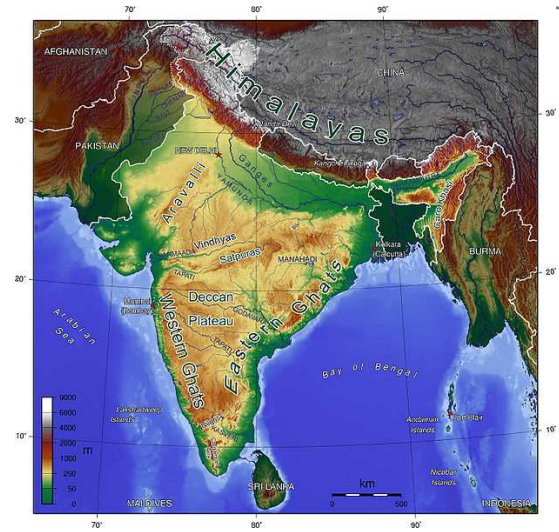
# A felfedezés rögös útja, 1492

A kutatás  
frontvonala:

Az  
Atlanti-óceán  
partja



A kutatás  
célja:  
India elérése



A kutatás  
eszköze:  
Columbus hajói



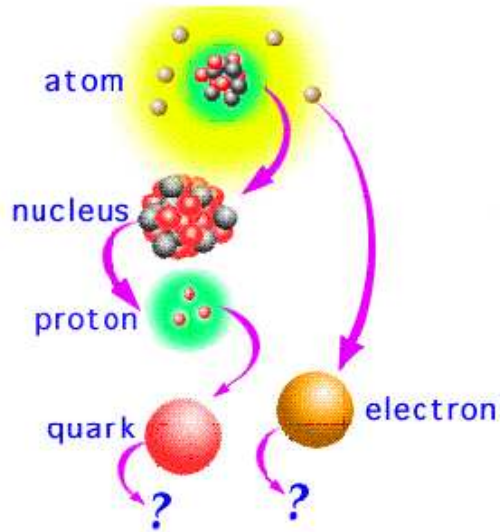
A kutatás  
eredménye:  
Amerika  
felfedezése



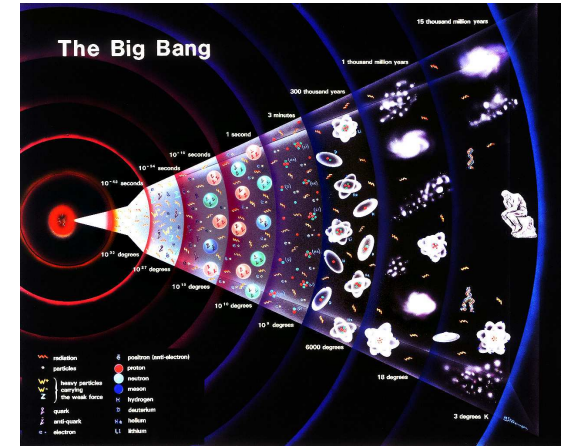
(Vesztergombi György után)

# A felfedezés rögös útja, 2009

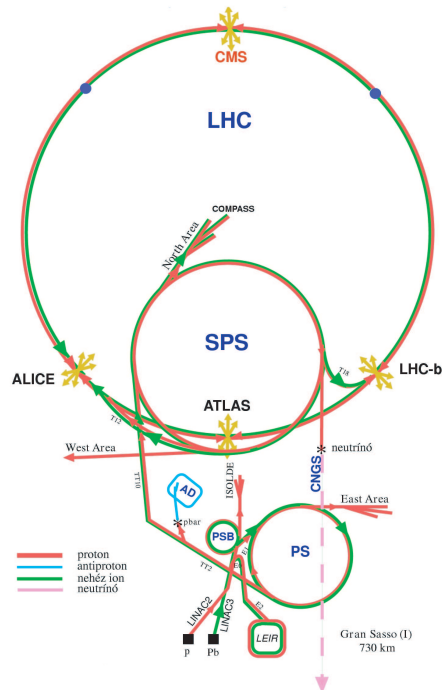
A kutatás frontvonala:  
Az anyag mély szerkezete



A kutatás célja:  
Higgs-bozon, űsrobbanás utáni állapot



A kutatás eszköze:  
nagyenergiájú gyorsítók



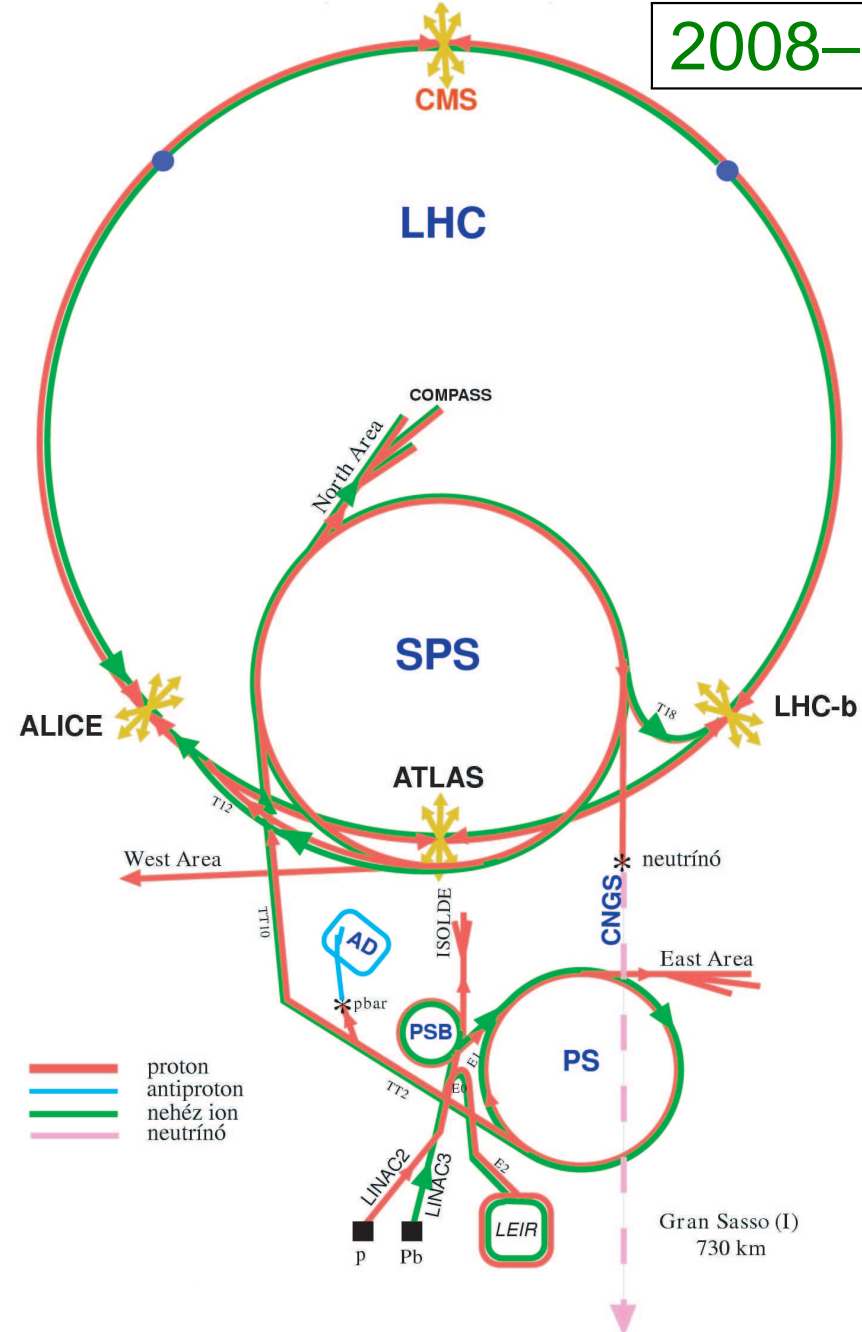
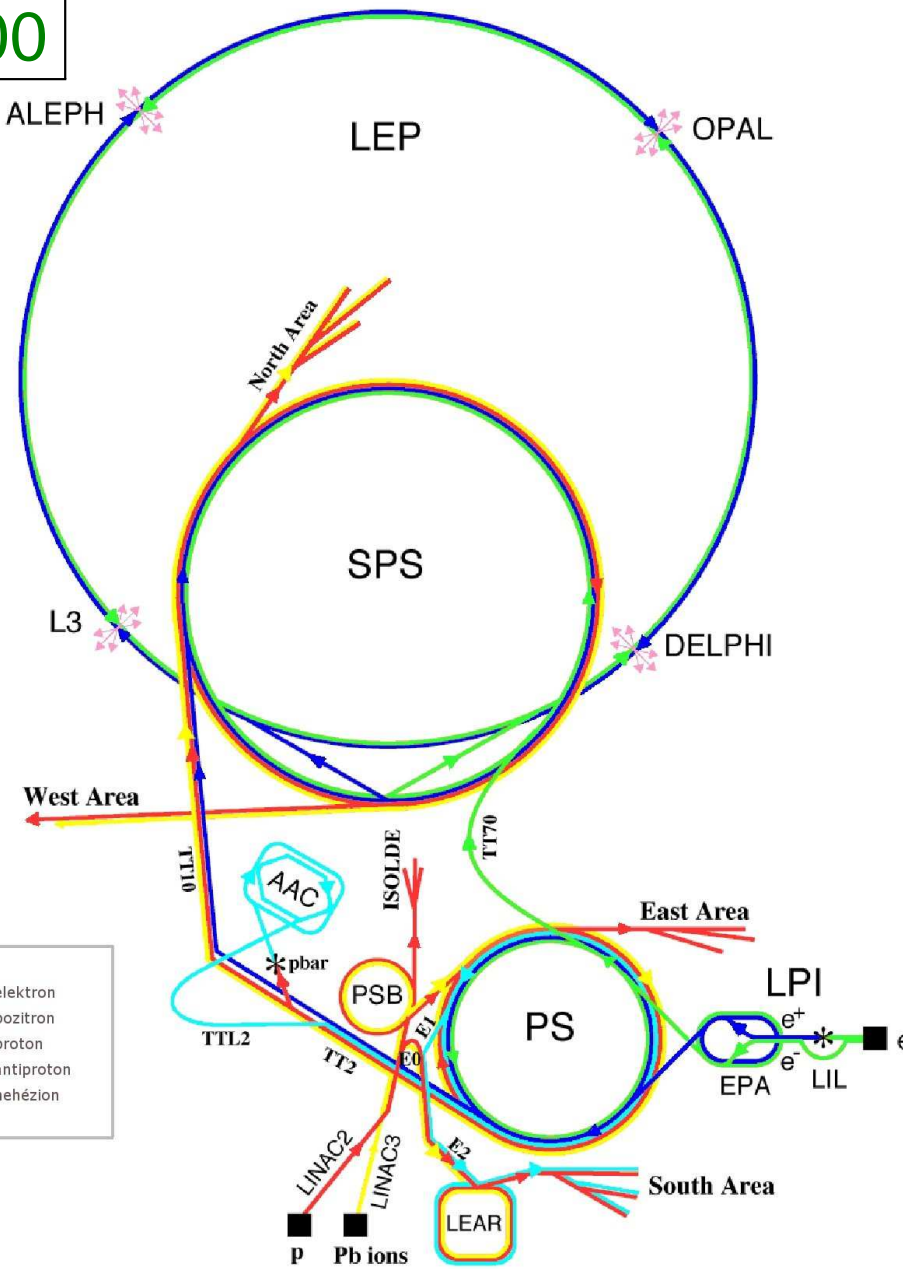
A kutatás eredménye:  
Új fizika?



# A CERN gyorsítói

-2000

2008-





# A CERN antiproton–lassítója (AD)

a *CPT*–invariancia ellenőrzésére épült

Három *CPT*–kísérlet az AD-nál:

ATRAP:  $q(\bar{p})/m(\bar{p}) \leftrightarrow q(p)/m(p)$

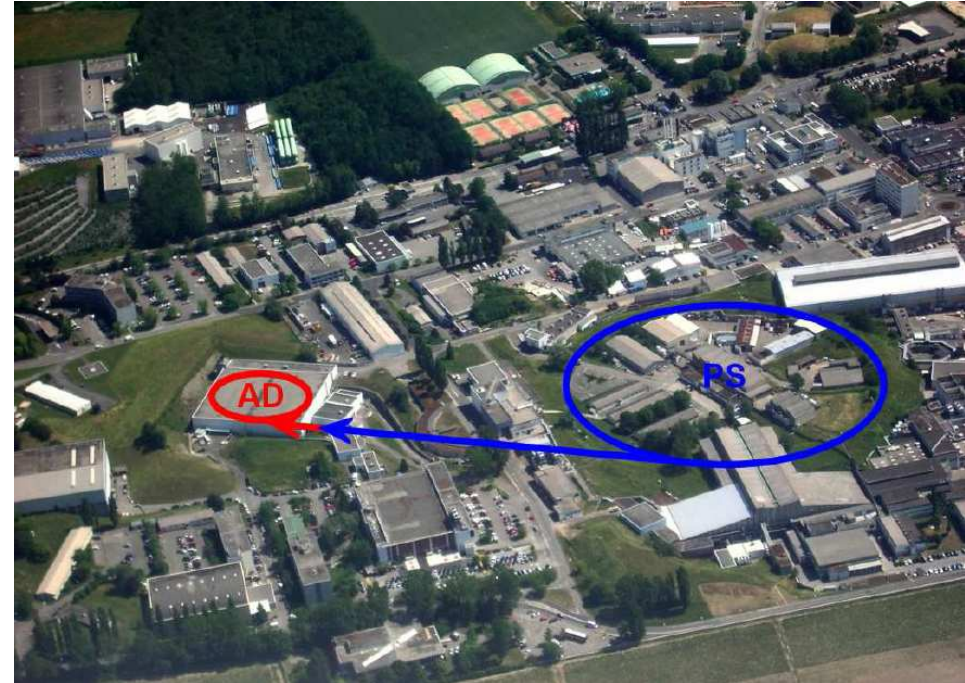
$\bar{H}(2S - 1S) \leftrightarrow H(2S - 1S)$

ALPHA:  $\bar{H}(2S - 1S) \leftrightarrow H(2S - 1S)$

ASACUSA:  $q(\bar{p})^2 m(\bar{p}) \leftrightarrow q(p)^2 m(p)$

$\mu_e(\bar{p}) \leftrightarrow \mu_e(p)$

Vörös: működik, zöld: tervben



ASACUSA: Atomic Spectroscopy And Collisions Using Slow Antiprotons  
(Tokió, Aarhus, Bécs, Brescia, Budapest, Debrecen, München)

R. S. Hayano, M. Hori, D. Horváth, E. Widmann: *Repts Prog. Phys.* 70 (2007) 1995-2065.

Magyar résztvevők: Barna Dániel, Horváth Dezső, Zalán Péter (RMKI)

Juhász Bertalan (ATOMKI→SMI), Tőkési Károly (ATOMKI)

Sótér Anna (ELTE→MPQ)



# Particle Data Handbook, 2008

$$|m_p - m_{\bar{p}}| / m_p$$

VALUE	CL%	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
<b>&lt;2 × 10<sup>-9</sup></b>	90	<sup>1</sup> HORI 06	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •				
<1.0 × 10 <sup>-8</sup>	90	<sup>1</sup> HORI 03	SPEC	$\bar{p}e^-$ <sup>4</sup> He, $\bar{p}e^-$ <sup>3</sup> He
<6 × 10 <sup>-8</sup>	90	<sup>1</sup> HORI 01	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom
<5 × 10 <sup>-7</sup>		<sup>2</sup> TORII 99	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom

$$|q_p + q_{\bar{p}}| / e$$

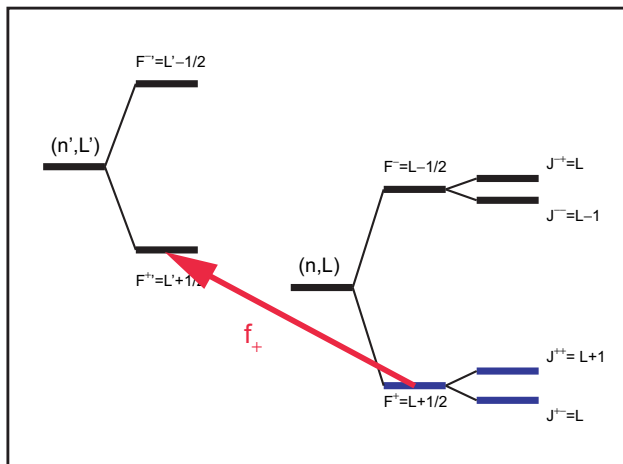
VALUE	CL%	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
<b>&lt;2 × 10<sup>-9</sup></b>	90	<sup>5</sup> HORI 06	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •				
<1.0 × 10 <sup>-8</sup>	90	<sup>5</sup> HORI 03	SPEC	$\bar{p}e^-$ <sup>4</sup> He, $\bar{p}e^-$ <sup>3</sup> He
<6 × 10 <sup>-8</sup>	90	<sup>5</sup> HORI 01	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom
<5 × 10 <sup>-7</sup>		<sup>6</sup> TORII 99	SPEC	$\bar{p}e^-$ He atom
<2 × 10 <sup>-5</sup>		<sup>7</sup> HUGHES 92	RVUE	

M. Hori, ..., B. Juhász, D. Barna, D. Horváth: *Phys. Rev. Lett.* 96 (2006) 243401.

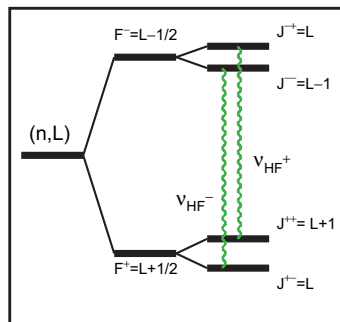
Jelenleg: kétfotonos, Doppler-mentes spektroszkópia



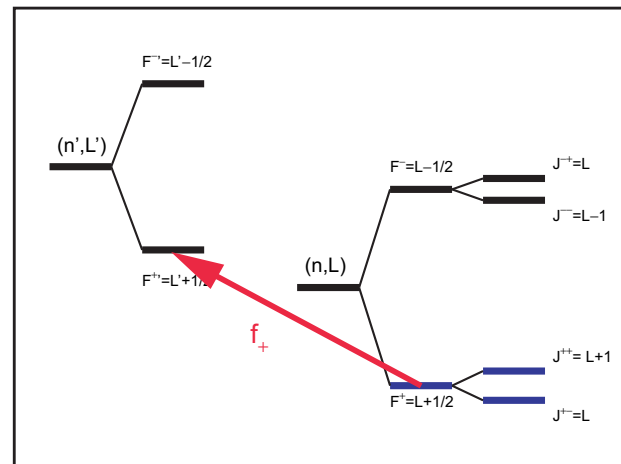
# $\mu(\bar{p})$ : vonal-felhasadás $\bar{p}\text{He}^+$ -ban



Step 1: depopulation of  $F^+$  doublet with  $f_+$  laser pulse



Step 2: equalization of populations of  $F^+$  and  $F^-$  by microwave



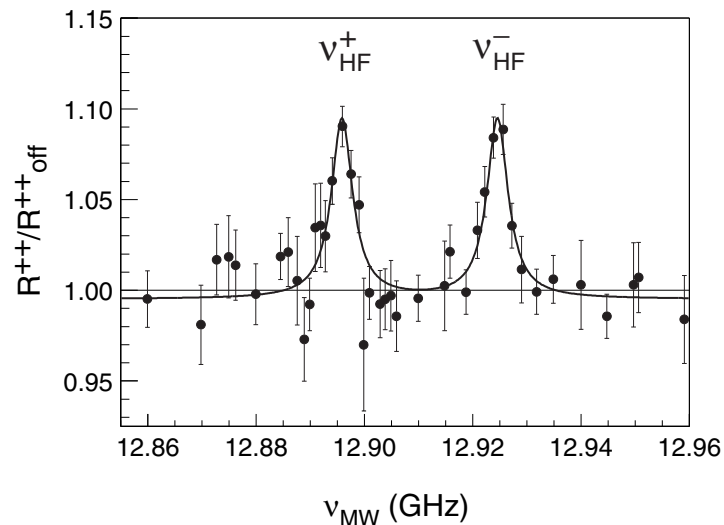
Step 3: probing of population of  $F^+$  doublet with 2nd  $f_+$  laser pulse

## Mágneses momentumok

$\mu(p) \sim \mu(\bar{p}) \Rightarrow$  **CPT-invariancia OK**

T. Pask, D. Barna, A. Dax, R.S. Hayano, M. Hori, D. Horváth, B. Juhász, C. Malbrunot, J. Marton, N. Ono, K. Suzuki, J. Zmeska1, E. Widmann:

J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 41 (2008) 081008.



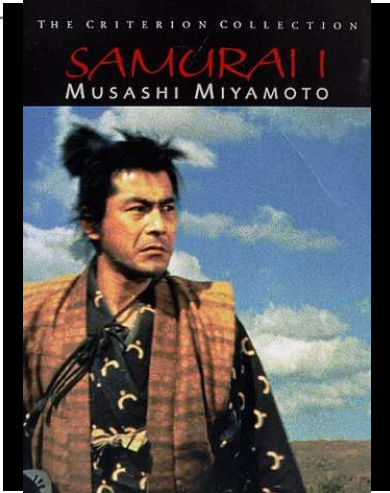
Mikrohullámú frekvencia-spektrum

Thomas Pask: PhD-dolgozat, Bécs, 2009.





# Lassú antiproton-nyaláb fejlesztése



Monoenergetic  
Ultra  
Slow  
Antiproton  
Source for  
High-precision  
Investigations

5.8 MeV  $\bar{p}$  AD  $\Rightarrow$  RFQ (2000)

100 keV  $\bar{p}$  RFQ  $\Rightarrow$  csapda (2001)

$5 \times 10^6$   $\bar{p}$  csapdában hűtve (2002)

$> 5 \times 10^5$  lassú  $\bar{p}$  kivezetve (2004)

$> 5 \times 10^5$   $\bar{p}$  FWHM  $\sim 3$  mm (2008)

Cél: atom- és magfizika, QCD,  $\bar{H}$

N. Kuroda, ..., B. Juhász, D. Horváth, ..., Y. Yamazaki: **Phys. Rev. Lett.** 94 (2005) 023401.

N. Kuroda, ..., D. Barna, ... D. Horváth, ..., Y. Yamazaki: **Phys. Rev. Lett.** 100 (2008) 203402.



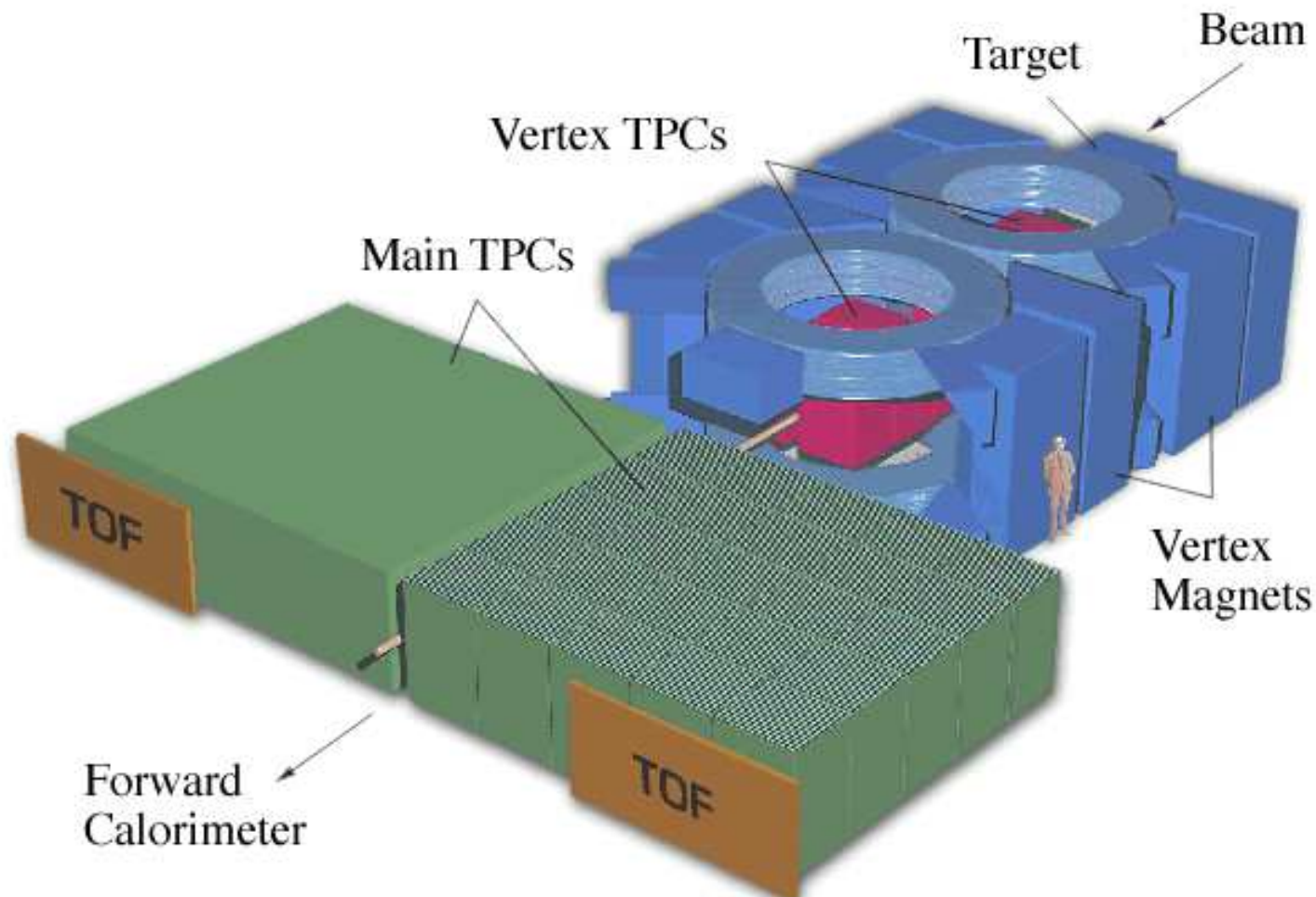


# Nehézion-fizika: NA49 → NA61

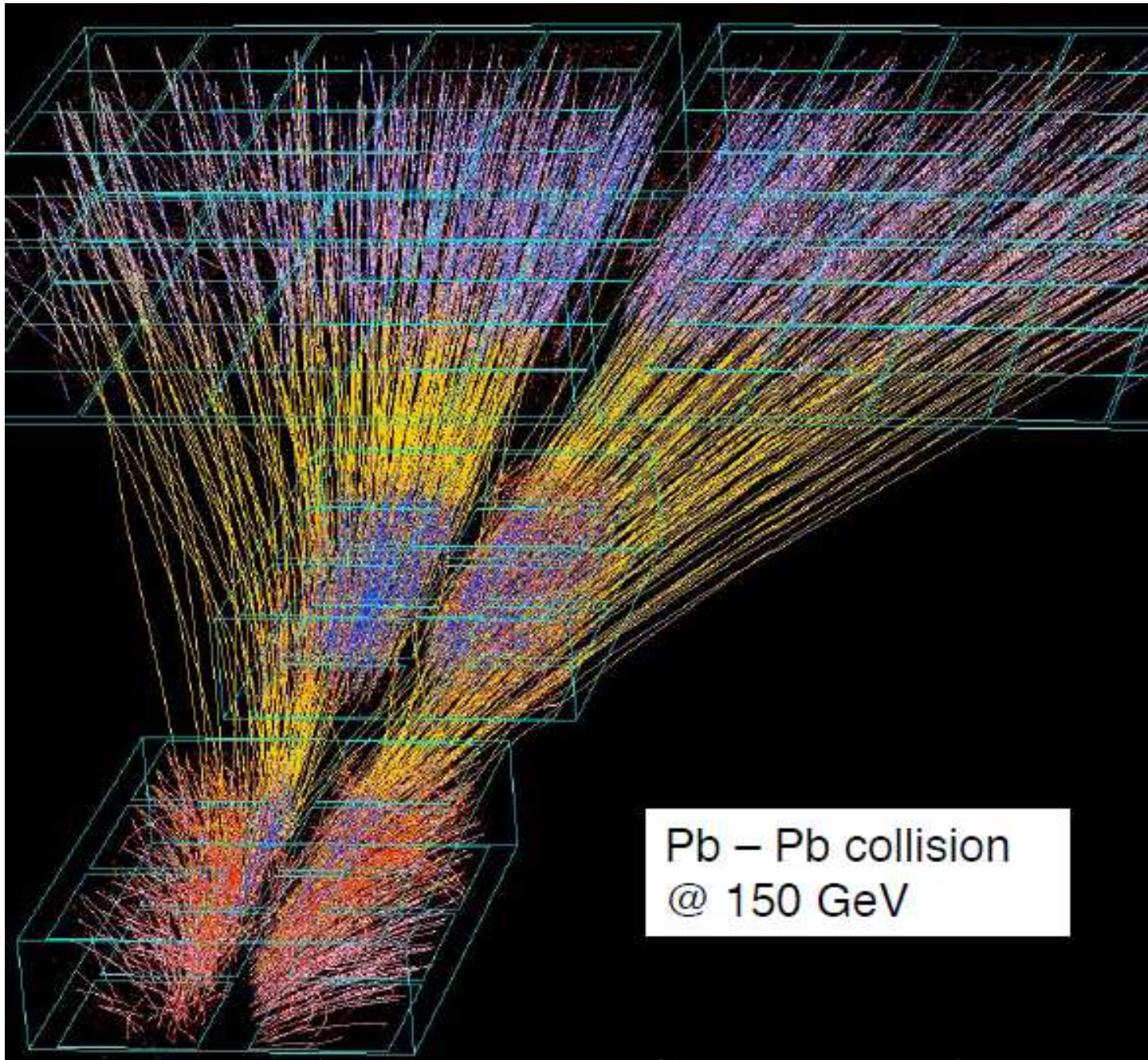
Társalapító és próféta: Vesztergombi György

Technikai koordinátor: Fodor Zoltán

Számos diplomamunka és PhD (ELTE): Siklér Ferenc,  
Veres Gábor, Varga Dezső, Barna Dániel, László András

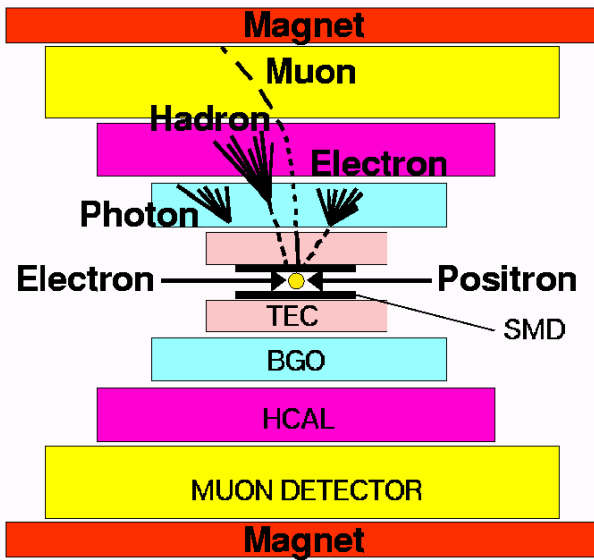


# Pb-Pb ütközés az NA49 detektorban





# L3, az első magyar CERN-kísérlet



18 magyar résztvevő,  
9 hazai színekben  
RMKI, ELTE, ATOMKI,  
DE

3 PhD: Csilling Ákos  
(ELTE), Zilizi Gyula,  
Szillási Zoltán (DE)



# Omni-Purpose Apparatus for LEP

Large Electron Positron collider, 1989–2000

310 résztvevő, 421 publikáció

Magyar  
résztvevők:

(1995-től)

diploma-  
munkás

doktorandusz

OPAL–PhD

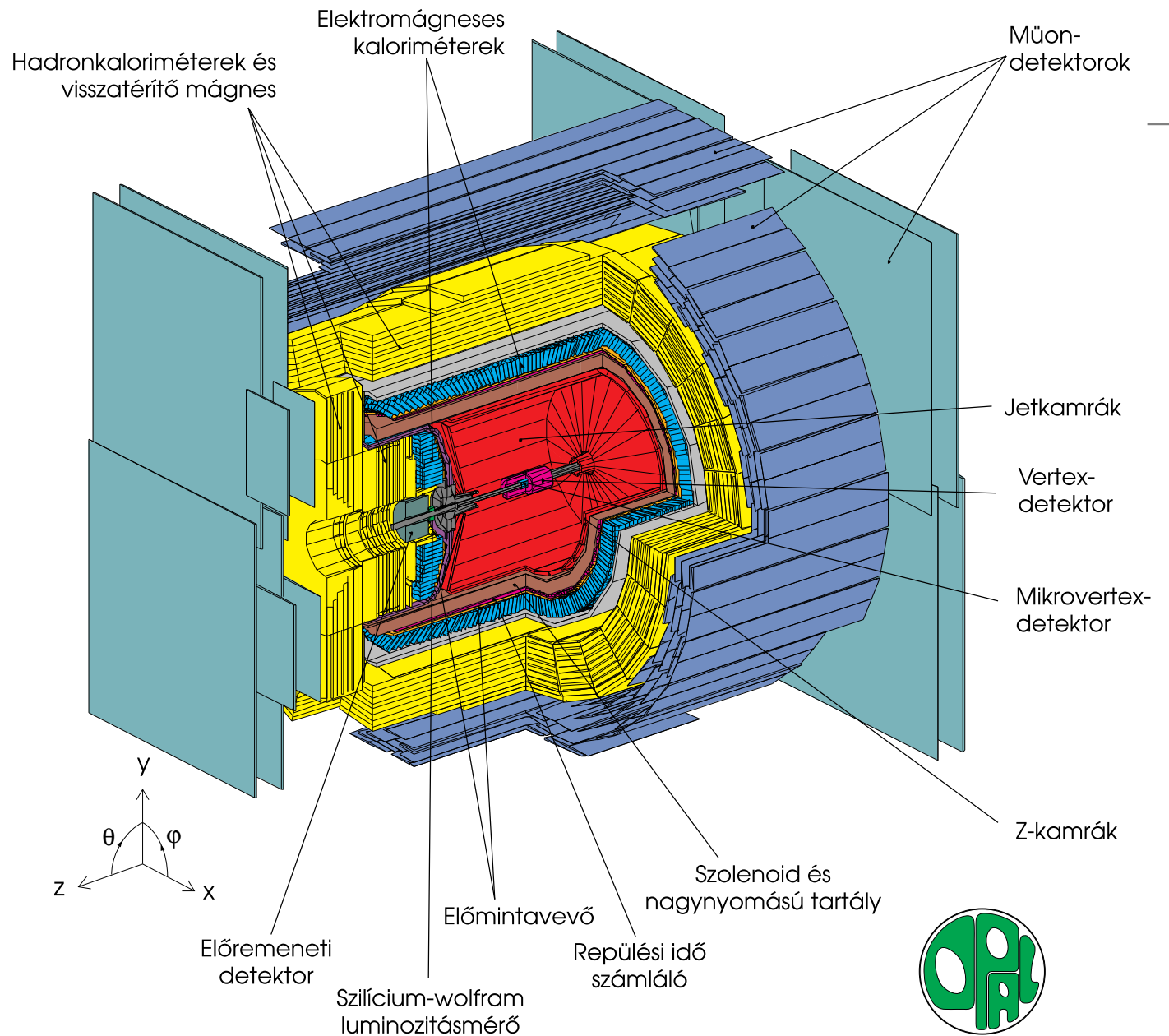
Csilling Ákos	RMKI	2000	$\gamma\gamma$
Dienes Beatrix	DE→ATOMKI	1997	QCD
Hajdu Csaba	RMKI	1995	$H^\pm$
Horváth Dezső	RMKI & ATOMKI	1995	$H^\pm$ , lumi, PE
Hudácskó Attila	DE	2003-05	$\gamma\gamma$
Igó-Kemenes Péter	Heidelberg		$H^\pm$
ifj. Krasznahorkay Attila	DE→ATOMKI	2003	$\gamma\gamma$
Pálinkás József	DE & ATOMKI→DE	1995-2000	QCD
Patay Gergely	BME	2004-06	TGC
Pásztor Gabriella	ELTE→RMKI	1995	$H^\pm$
Trócsányi Zoltán	DE & ATOMKI	1997	QCD
Ujvári Balázs	DE	2001	$\gamma\gamma$
Vértesi Róbert	BME→DE→RMKI	2002	$\gamma\gamma$



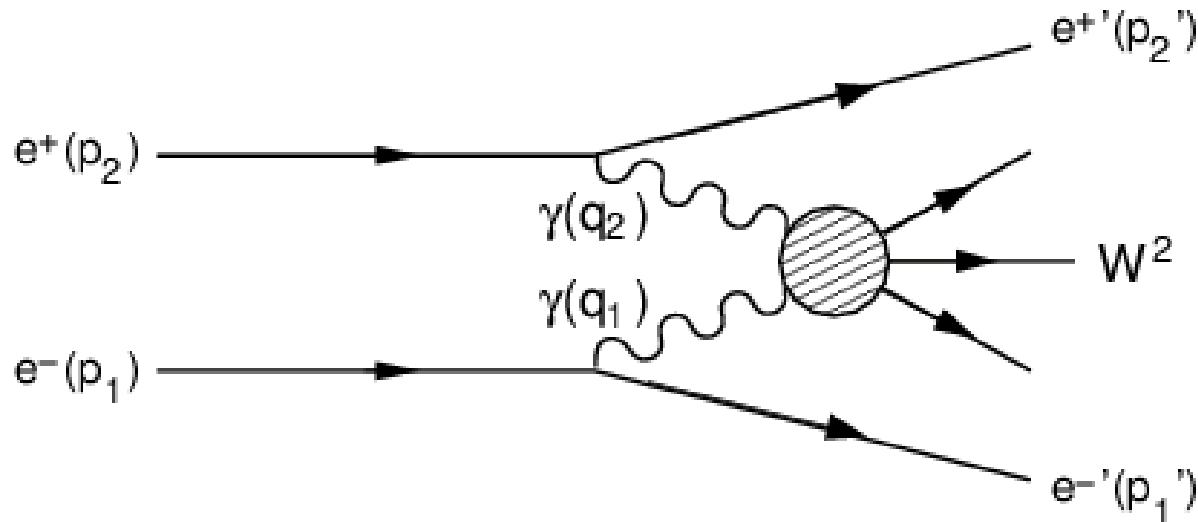


# Az OPAL detektor

1989–2000



# Hadronkeltés foton-foton ütközésben



Virtuális foton kilök virtuális  $(q\bar{q})$  párt

Csilling Ákos (RMKI) hozta L3-ból  
Thorsten Wengler (CERN) gondozta OPAL-ban

Vértesi Róbert (BME, dipl.: 2002-03)  
ifj. Krasznahorkay Attila (DE, dipl.: 2003-04; PhD: 2009)  
Hudácskó Attila (DE, dipl.: 2003-05)  
Ujvári Balázs (DE, PhD: 2001-09)



# Töltött Higgs-bozon keresése

LEP: keltés párban (ha egyáltalán):  $e^+e^- \rightarrow H^+H^-$

Bomlás nehéz fermionra:  $H^+ \rightarrow q\bar{q}' \sim c\bar{s}'$  vagy  $\tau^+\nu_\tau$

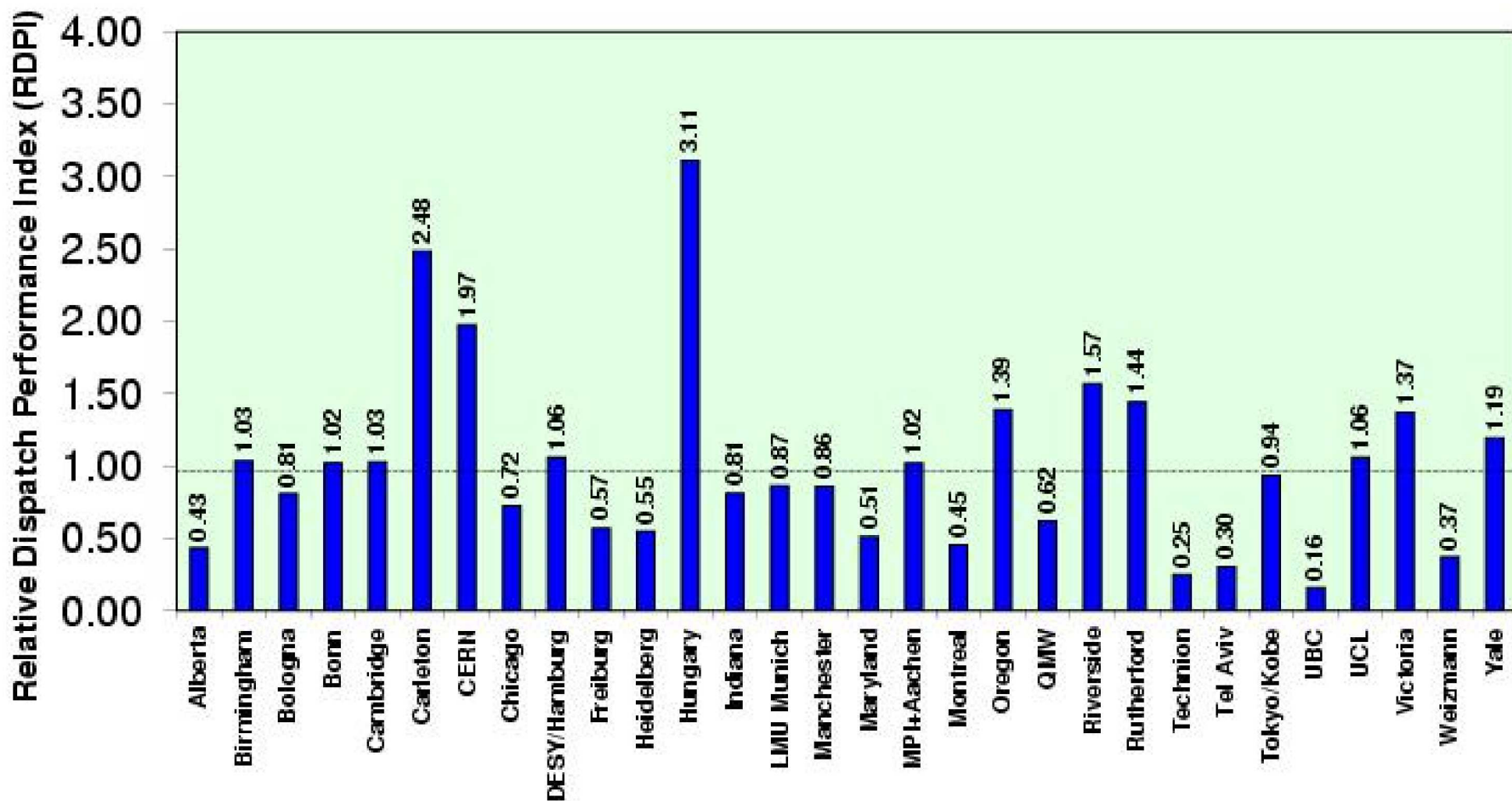
Három csatorna  $\Rightarrow$  három analízis:

$$e^+e^- \rightarrow H^+H^- \rightarrow \begin{cases} \tau^+\nu_\tau\tau^-\bar{\nu}_\tau & (\text{leptonos : Manchester}) \\ \tau^+\nu_\tau\bar{c}s + \tau^-\bar{\nu}_\tau c\bar{s} & (\text{vegyes : Hajdu Csaba}) \\ c\bar{s}c\bar{s} & (\text{hadronos : HD}) \end{cases}$$

Összesítés: Pásztor Gabriella



# Az OPAL publikációs aktivitása, 2001

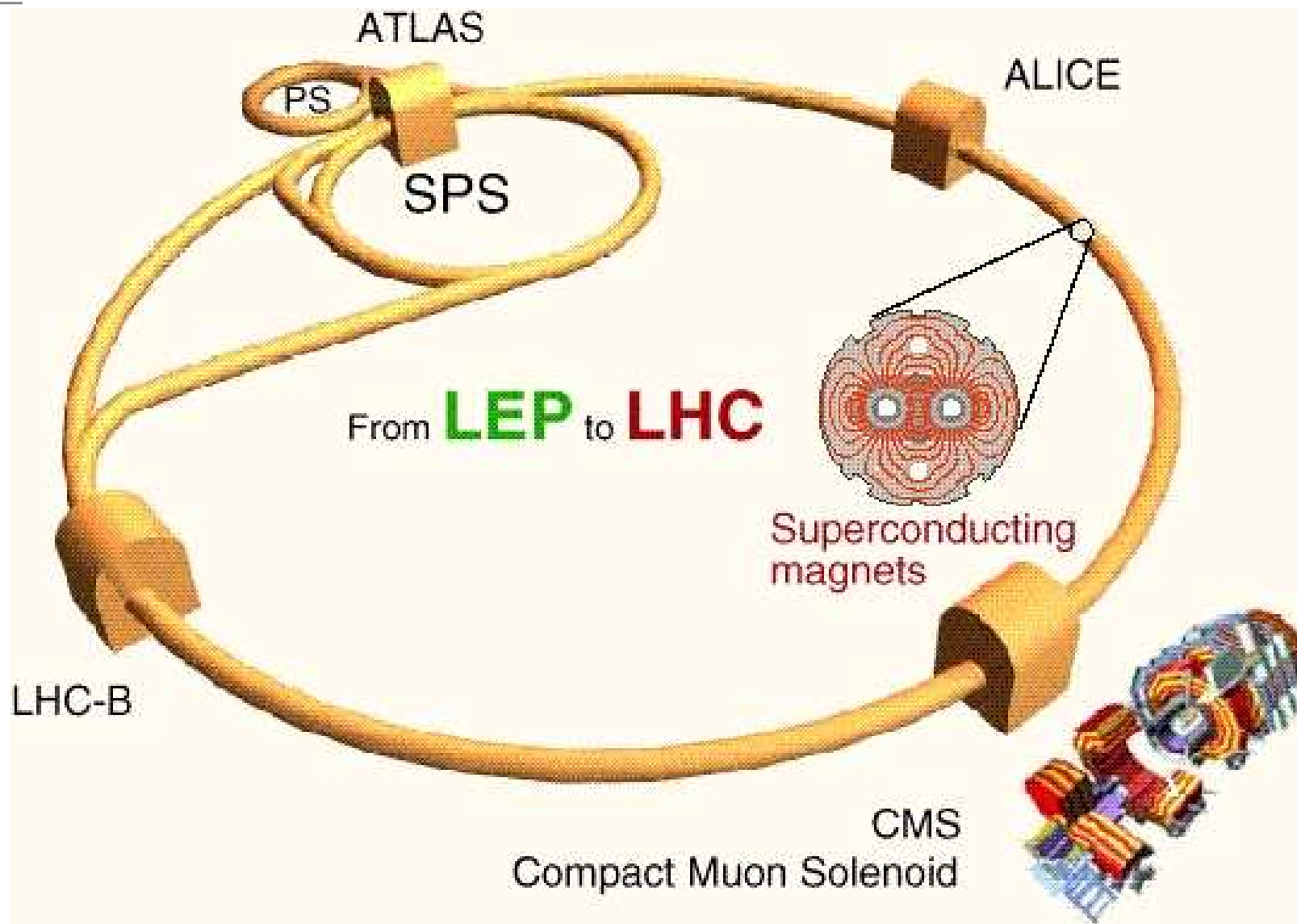


A versenyt 2002-ben végleg megnyertük





# Nem találtunk Higgs-bozont a LEP-nél, építsünk LHC-t 😊



# Az LHC CMS–detektora

(Compact Muon Solenoid)

Súly: 12500 tonna,  
kétszerannyi vas, mint Eiffel–toronyban

> 2500 résztvevő a világ minden tájáról

A világ legnagyobb (szupravezető) szolenoidja:  
átmérő  $\sim 6$  m,  $B = 4$  Tesla

Detektorépítésben magyar részvétel:

Müondetektor pozicionáló rendszere:

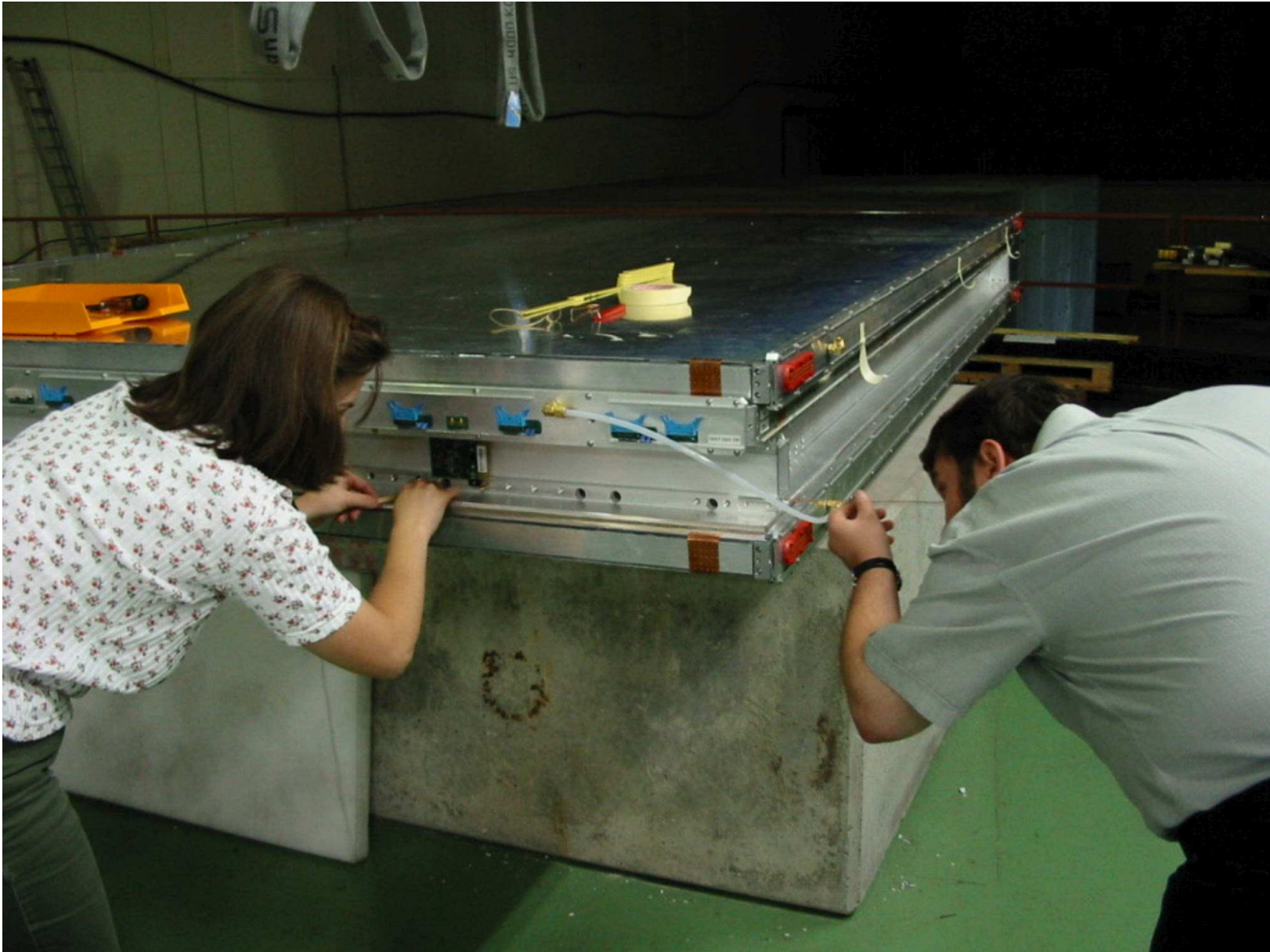
DE Kisérleti Fizika Tanszék és ATOMKI, össz. 16 fő

Very Forward Calorimeter: RMKI, össz. 20 fő

Adatkezelés: LHC Computing Grid



# Munka a müionkamrákon

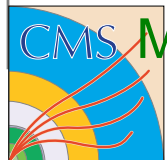


Béni Noémi és Szillási Zoltán (Debrecen)



# Előreszórt részecskék észlelése

A detektor hermeticitásához szükséges lefedni a teljes teret  
CMS HF: kvarcszálak acélban



Minden CERN-es magyar fűzte

Szálkalibráció kész darabon



# CMS: magyar résztvevők

ATOMKI  
Debrecen

Debreceni  
Egyetem

RMKI  
Budapest

RMKI  
(folyt.)

Béni Noémi

Kapusi Anita

Aranyi Attila

Krajczár Krisztián

Christian Glenn

Raics Péter

Bencze György

László András

Fenyvesi András

Szabó Zsolt

Boldizsár László

Ódor Géza

Imrek József

Trócsányi Zoltán

Csilling Ákos

Siklér Ferenc

Molnár József

Ujvári Balázs

Debreczeni

Somhegyi

Novák Dezső

Zilizi Gyula

Gergely

Benjámín

Pálinkás József

Gutay Gergely

Szeberényi Ágnes

Sass Viktor

Hajdu Csaba

Szeles Sándor

Székely Géza

Hernáth Szabolcs

Vesztergombi

Szillási Zoltán

Hidas Pál

György

Veszprémi Viktor

Horváth Dezső

Zalán Péter

Kálvin Sándor

Hallgató, informatikus, mérnök



# CMS: fizikai analízis

- A Standard modell ellenőrzése  
hármasmértékcsatolások ( $Z+\gamma$  keltése)  
RMKI (Vesztergombi György és Hidas Pál)
- Nehézion-fizika, részecskeazonosítás  
RMKI + ELTE (Siklér Ferenc, Krajczár Krisztián)
- SUSY-részecskék keresése  
RMKI + ELTE (Aranyi Attila + HD)  
és ATOMKI + DE (Veszprémi Viktor + Kapusi Anita)
- Extra dimenziók, fekete minilyukak keresése  
ATOMKI (Trócsányi Zoltán, Regős Enikő,  
Veszprémi Viktor)



# CMS: közös szemináriumok

Hétfőnként az RMKI - ATOMKI - CERN háromszögben,  
médiatermek összekapcsolásával

Általában 10-15 résztvevő, komoly aktivitással

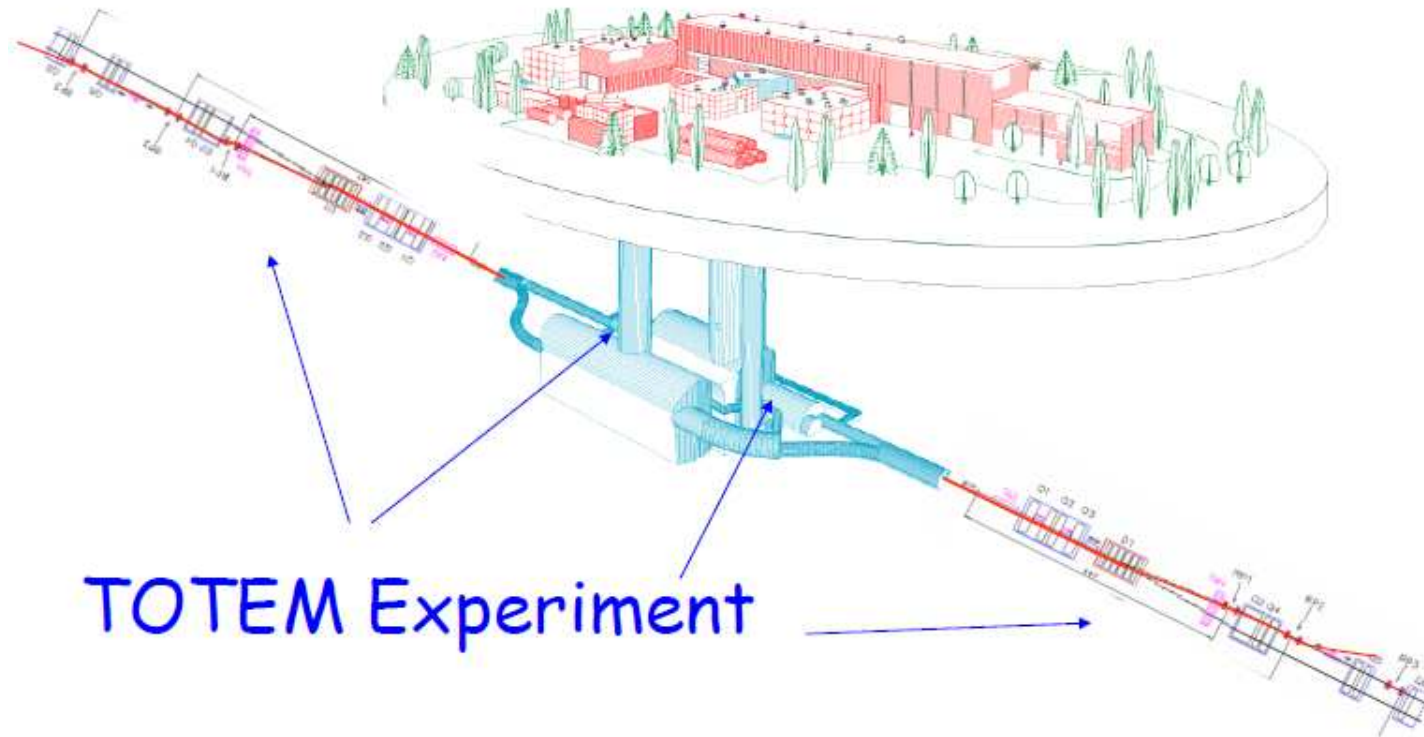
Nemcsak CMS-résztvevők: RMKI-sok, CERN-i magyarok

Előadások anyaga (hála Debreczeni Gergőnek):

<http://www.grid.kfki.hu/twiki/bin/view/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings>



# Az LHC TOTEM-kísérlete



Csörgő Tamás, Ster András, Sziklai János (RMKI),  
Csanád Máté (ELTE)

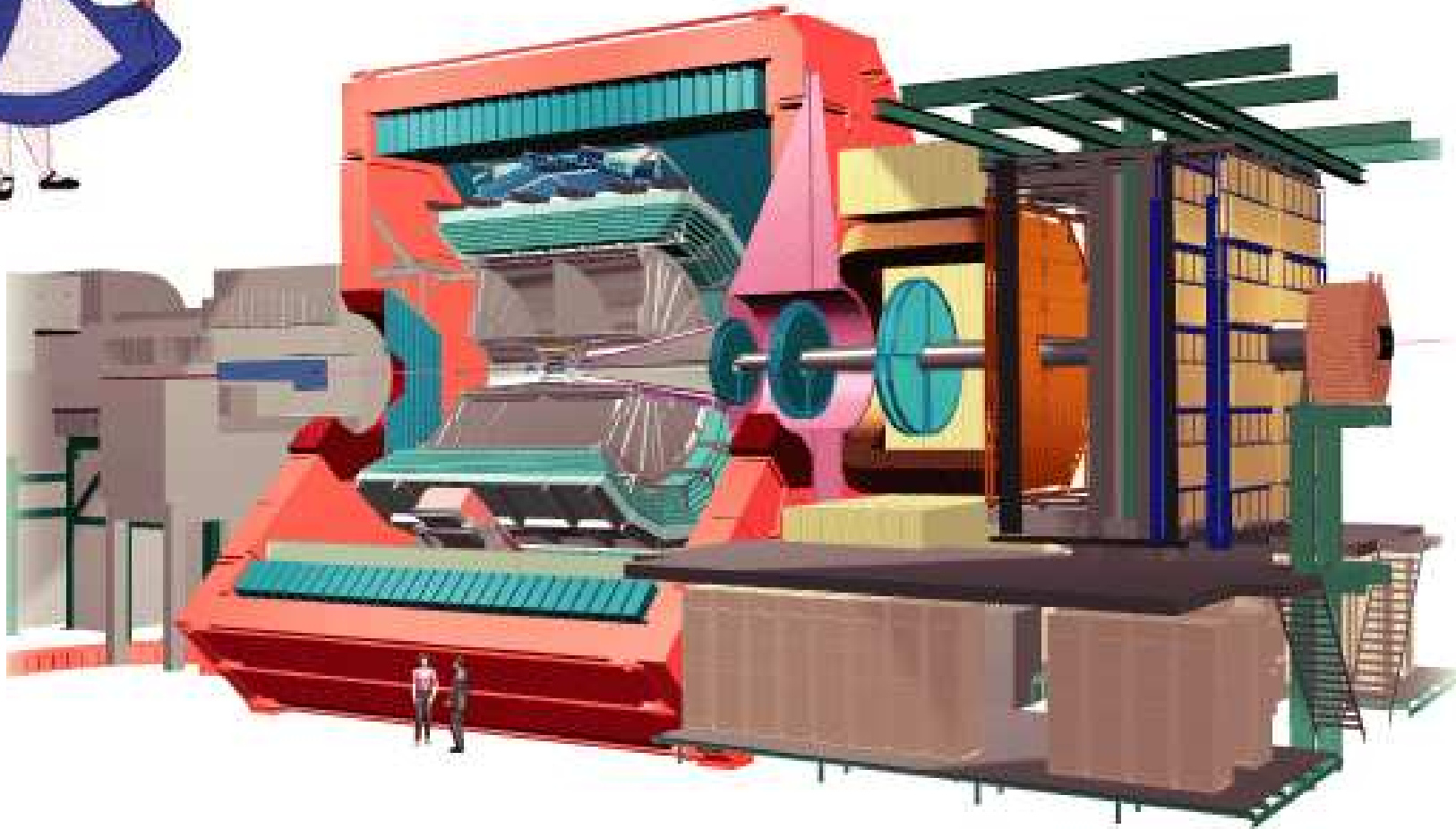
Előreszórt részecskék vizsgálata CMS mögött





# Az LHC ALICE-kísérlete

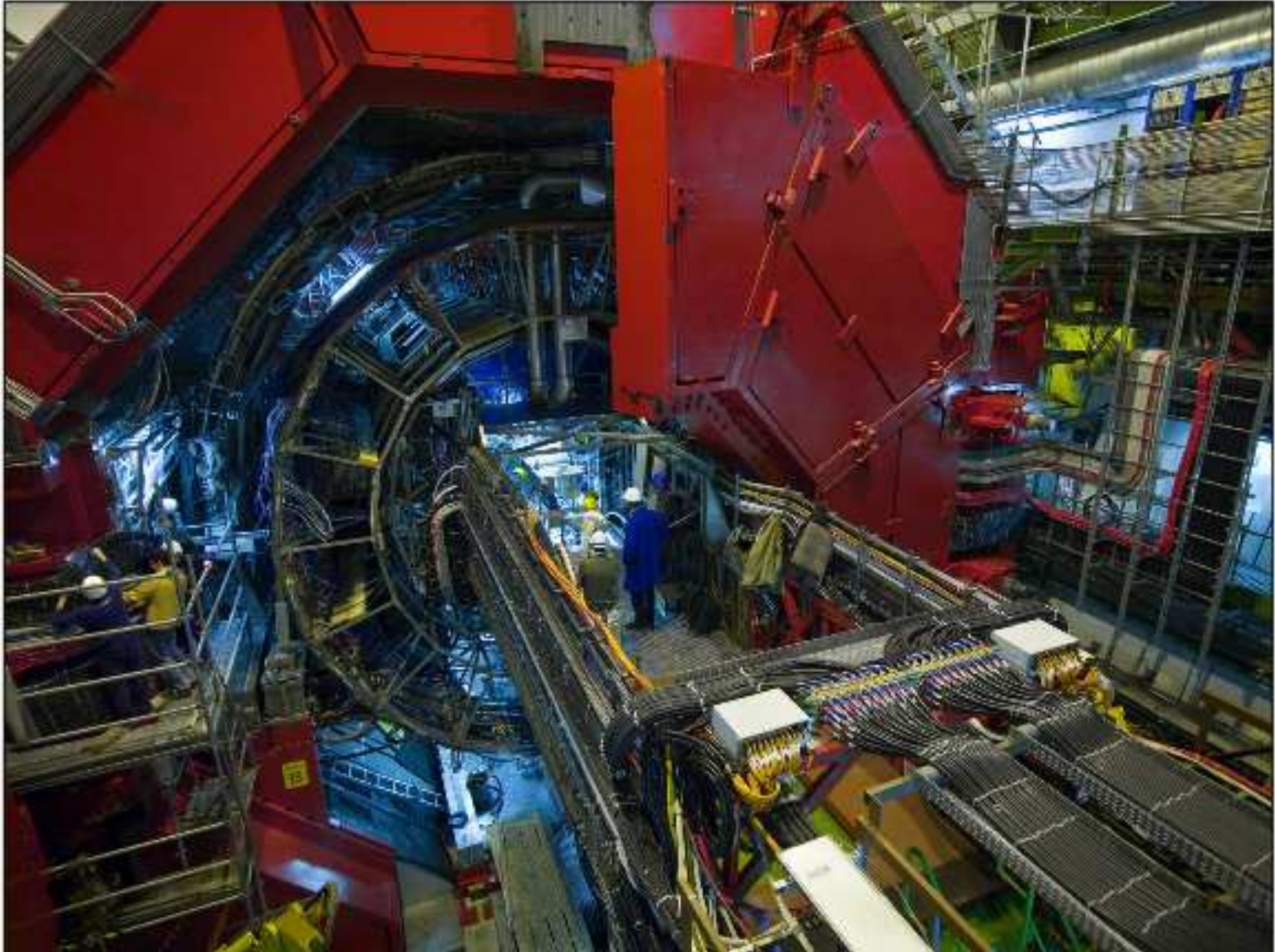
A Large Ion Collider Experiment



LHC Pb-Pb ütközései: 5,5 TeV/NN  
28 x RHIC-energia, 5-12 x RHIC-luminozitás



# Az LHC ALICE-kísérlete: mágnes





# Az LHC ALICE-kísérlete: kész





# Az LHC ALICE-együttműködése

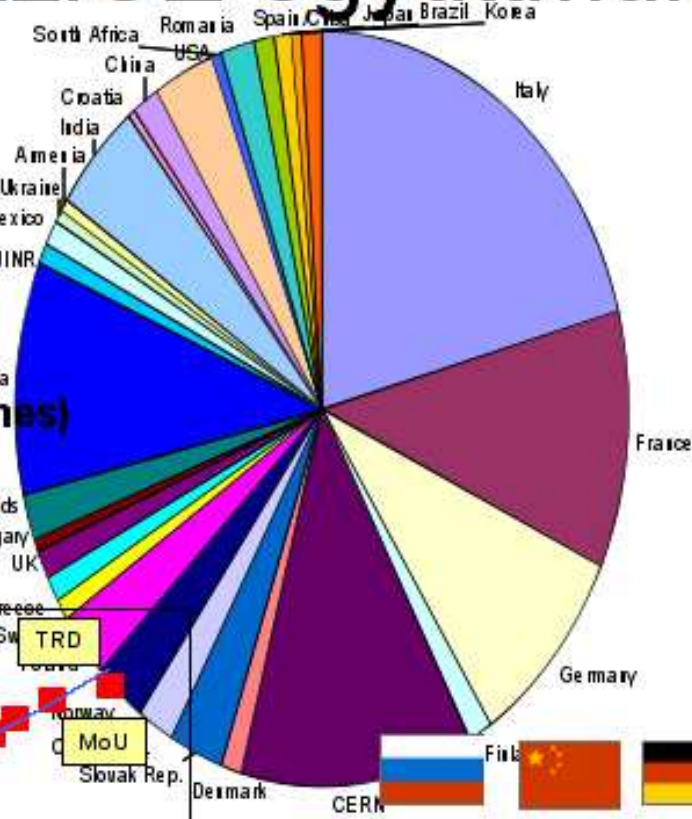
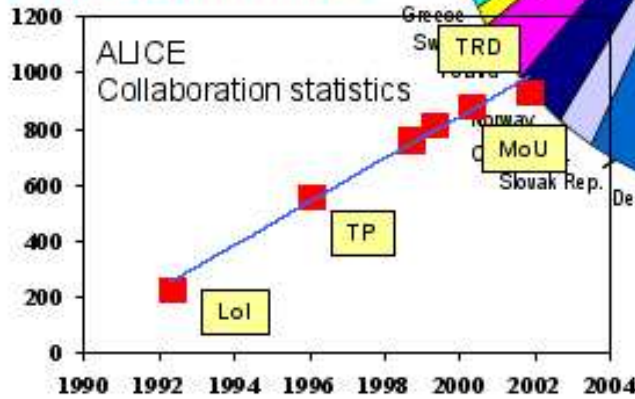


## Az ALICE együttműködés



- ~ 1000 résztvevő
- ~ 30 ország
- ~ 100 intézet
- ~ 150 MCHF költség  
(+ 'ingyen' mágnes)

További információ:  
[aliceinfo.cern.ch](http://aliceinfo.cern.ch)







# ALICE - Budapest 2009



Agócs András\*

Barnaföldi Gergely

Berényi Dániel\*\*

Boldizsár László

Csizmadia Péter

Dénes Ervin

Fodor Zoltán

Futó Endre

Hamar Gergő\*

Kiss Tivadar

Lévai Péter

Molnár Levente

Nagy Máté Ferenc

Palla Gabriella

Pásztor Attila\*\*

Sona Pochybova\*

Soós Csaba

Sziklai János

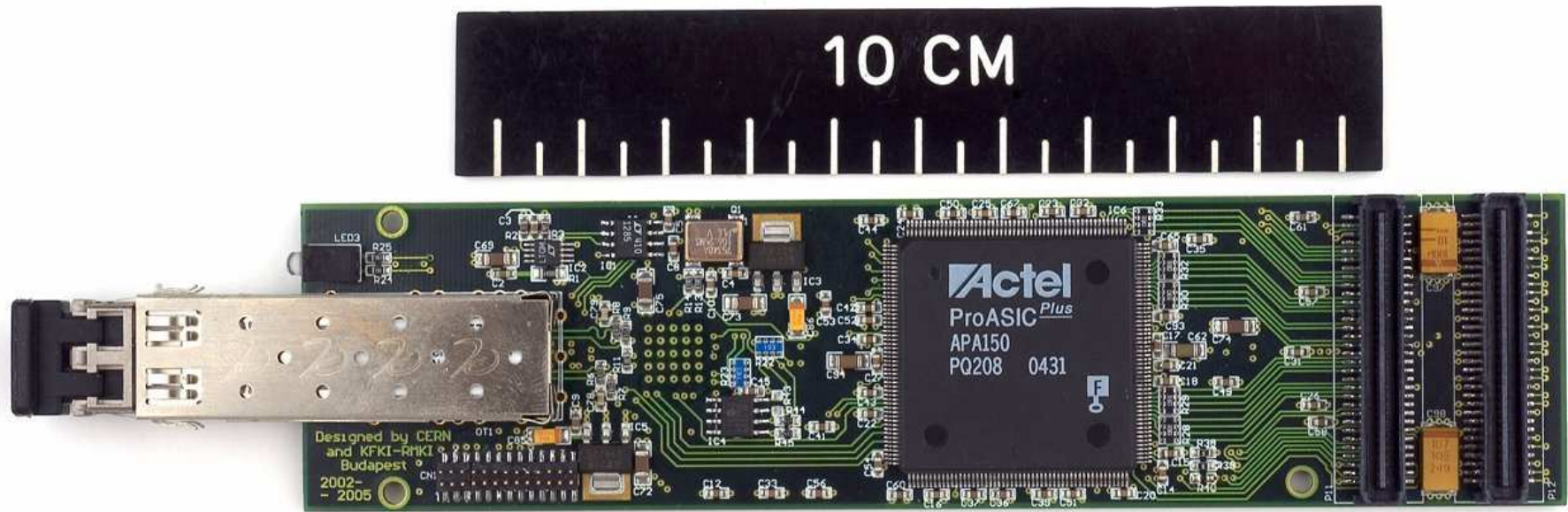
Tölyhi Tamás\*

\*Doktoranduszok

\*\*Egyetemi hallgatók



# Az LHC ALICE-kísérlete: DDL



Detector Data Link  
gyors detektor-kiolvasó egység  
rendkívül jól tűri a sugárzást

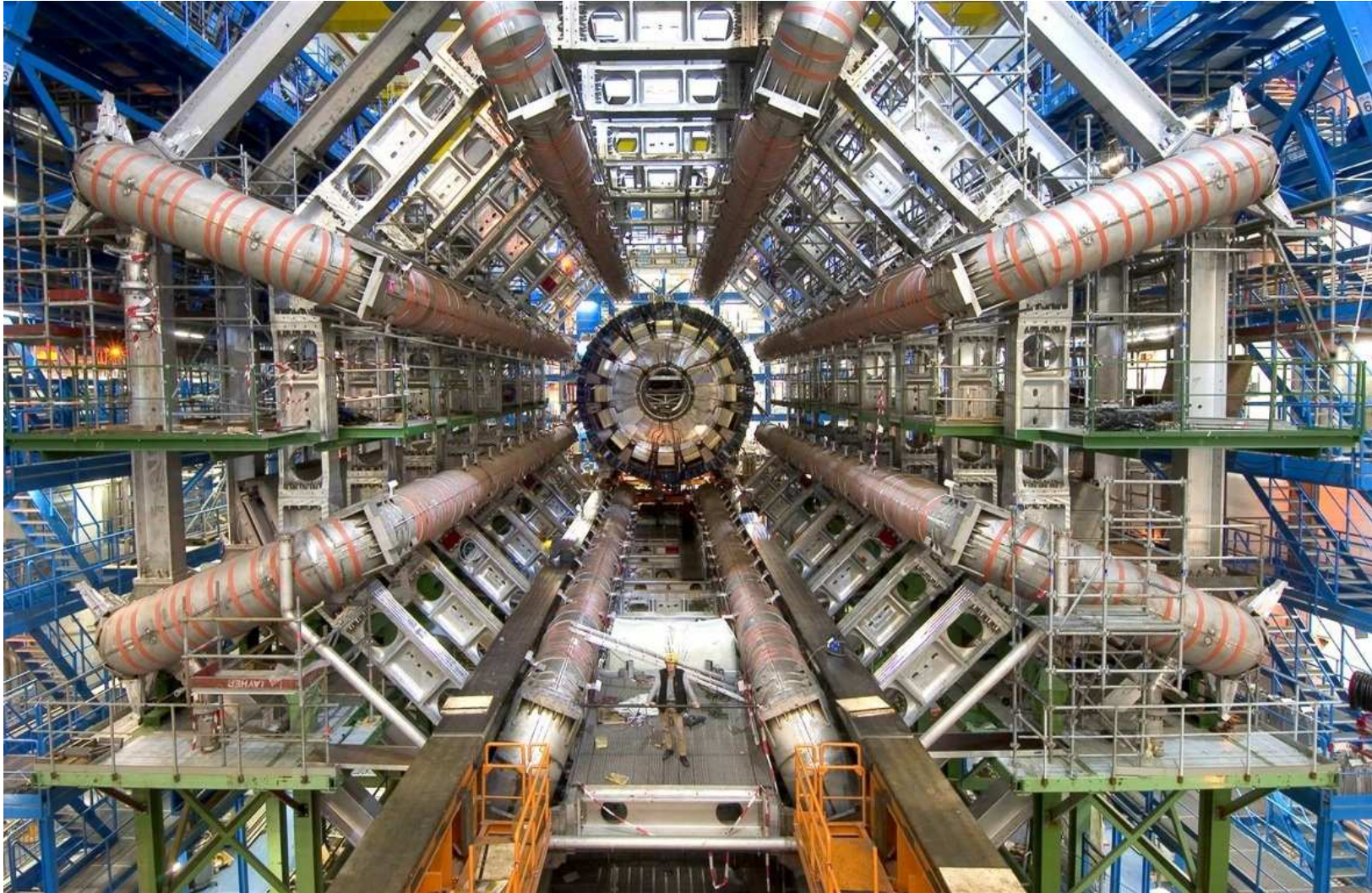


# A DDL ALICE-on kívüli (spin-off) alkalmazásai

- **CERN-en kívüli részecskefizikai kísérletek:**
  - A RHIC gyorsító STAR kísérletének (USA) TOF detektora
  - University of California Lawrence Berkeley Laboratory, (USA)
  - Brookhaven National Laboratory (BNL, USA)
  - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN, Olaszország) – különböző intézetei (Bologna, Torino, Pisa, Roma)
  - CNRS IN2P3 (Franciaország) – különböző intézetei (Institute de Physique Nucléaire (IPN), SUBATECH, stb.)
  - Commissariat a l'Énergie Atomique (CEA), Saclay (Franciaország)
  - Utrecht University, Faculty of Physics and Astronomy (Hollandia)
  - Variable Energy Cyclotron Centre (VECC), Kolkata (India)
- **Asztrofizika:**
  - Institut de RadioAstronomie Millimetrique en St Martin d'Herès (IRAM, Franciaország).
- **További CERN kísérletek:**
  - TOTEM kísérlet detektortesztjei (befejezett)
  - NA61-Shine kísérlet adatkiolvasó rendszere



# ATLAS: A Toroidal Lhc ApparatuS

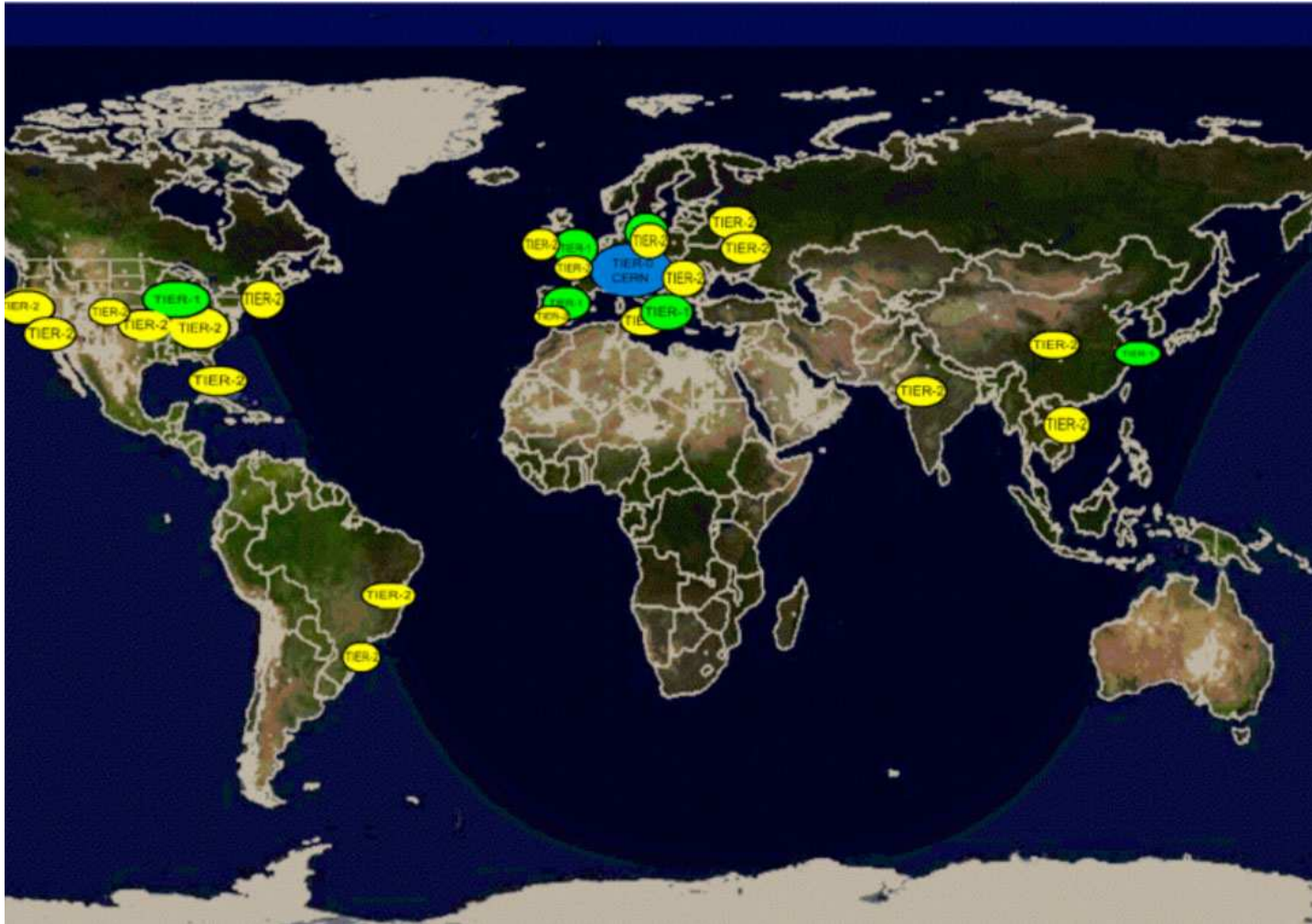


Nagy Elemér (Marseille), Tóth József (RMKI),  
ifj. Krasznahorkay Attila (ATOMKI és NYU),  
Kövesárki Péter és Radics Bálint (Bonn)



# Worldwide LHC Computing Grid

A CMS-kísérlet fő WLCG-állomásai



**Magyar Tier-2:** 426 CPU + 170 TB (RMKI), 40 CPU (ELTE) és 14 CPU (BME) a CMS és ALICE VO számára 3:1 arányban

# Akik csinálják

- Technika: KFKI Számítógép-hálózati központ
- PC-hardver: Hajdu Csaba és Hernáth Szabolcs
- LCG: Hernáth Szabolcs és Somhegyi Benjámín
- Grid-biztonság: Debreczeni Gergely
- HunGrid: Hernáth Szabolcs és Szeberényi Ágnes
- CMS: Hajdu Csaba
- CA-RA: Hernáth Szabolcs
- JRU, CERN-kapcsolat: Vesztergombi György
- Pályázatok, ülésezés: Hajdu Csaba (és HD)