

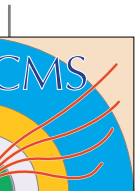
Az LHC első két éve

HTP-2011 előadás, CERN-CMS, 2011 aug. 15.

Horváth Dezső

horvath@rmki.kfki.hu

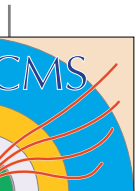
MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, Budapest
és MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen



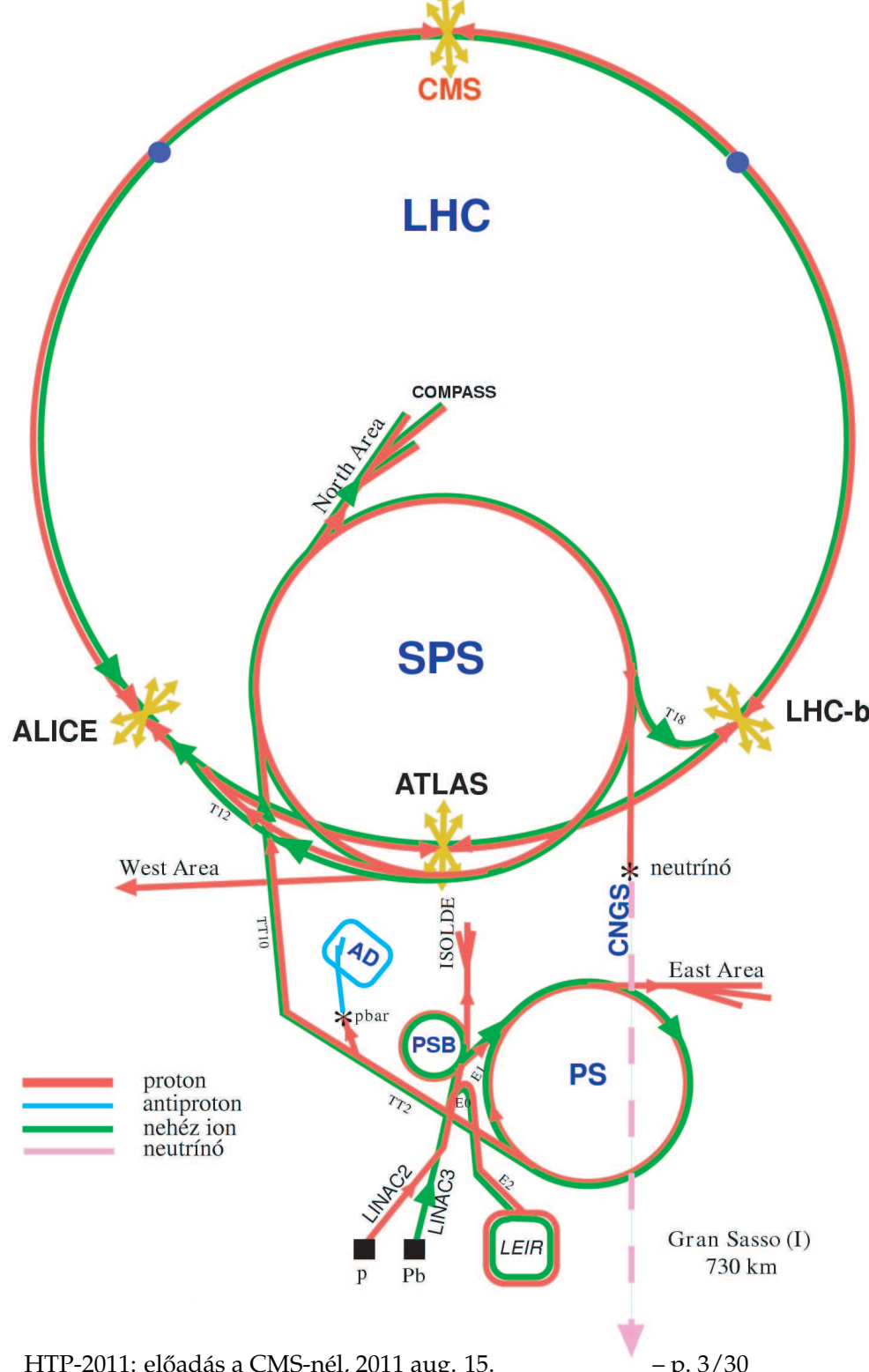
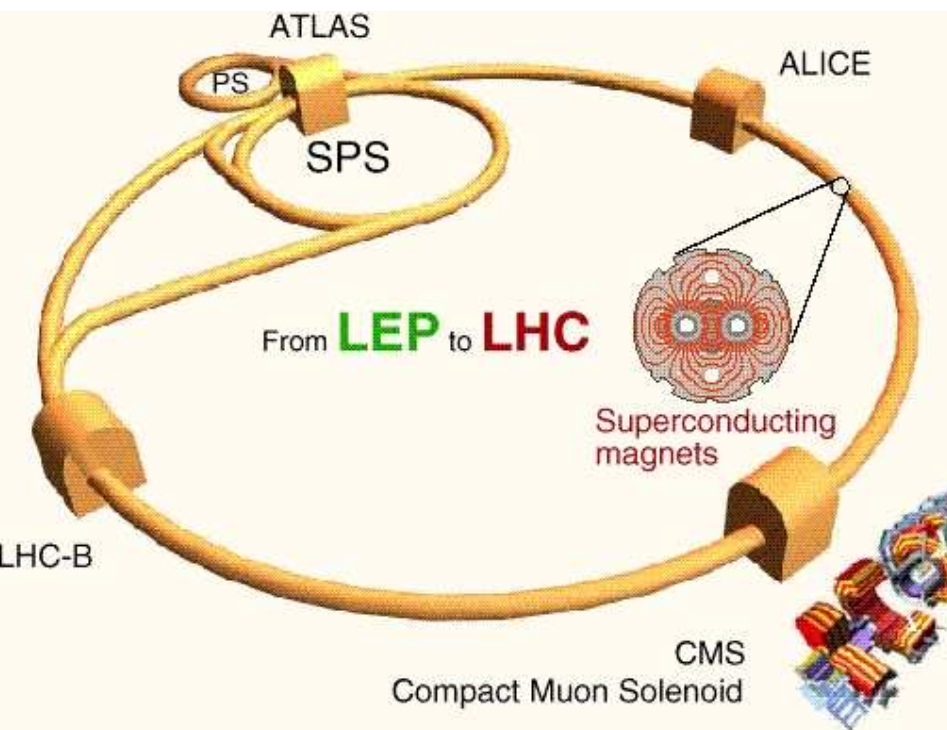
Vázlat

- A nagy hadron-ütköztető
(*Large Hadron Collider, LHC*)
- Az LHC kísérletei: CMS, ALICE, TOTEM, ATLAS
- p-p ütközések és luminozitás
- Az első cikk gyorsított protonokkal
- Higgs-bozon??
- Az első nehézionos cikk
- Jet-kioltás

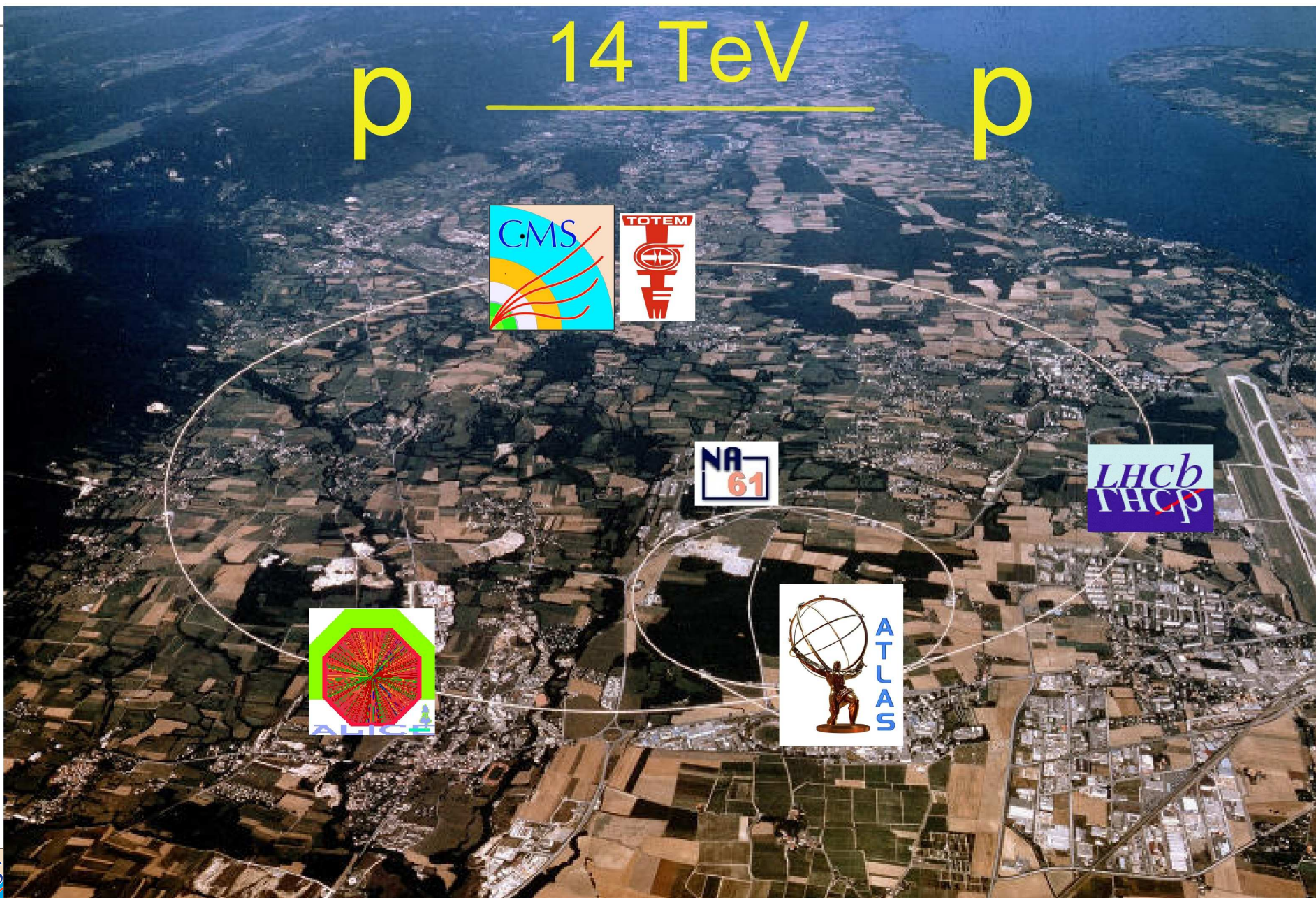
Simon Tamás: <http://cernblog.wordpress.com/>



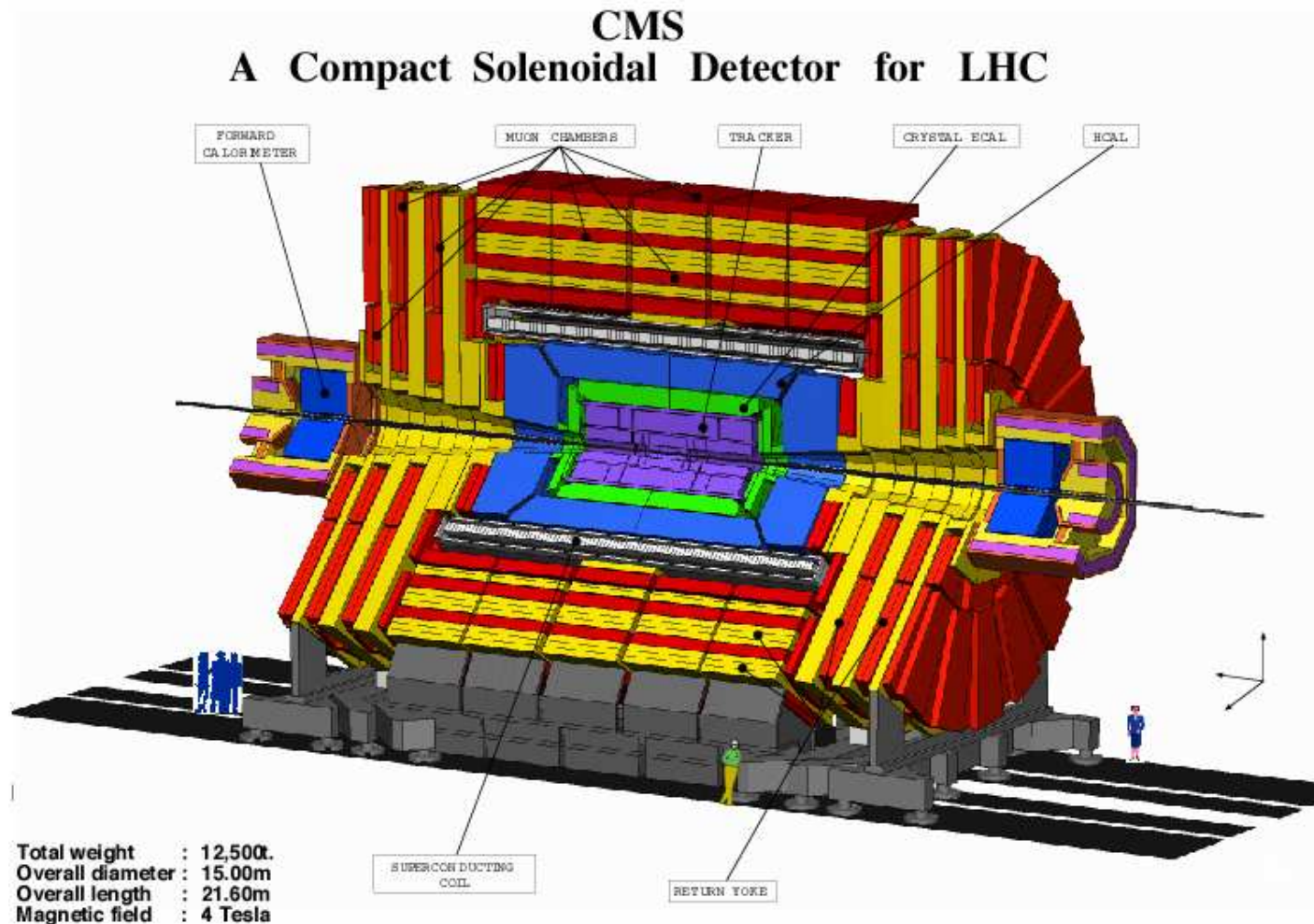
A CERN gyorsítói ma



A CERN és környéke

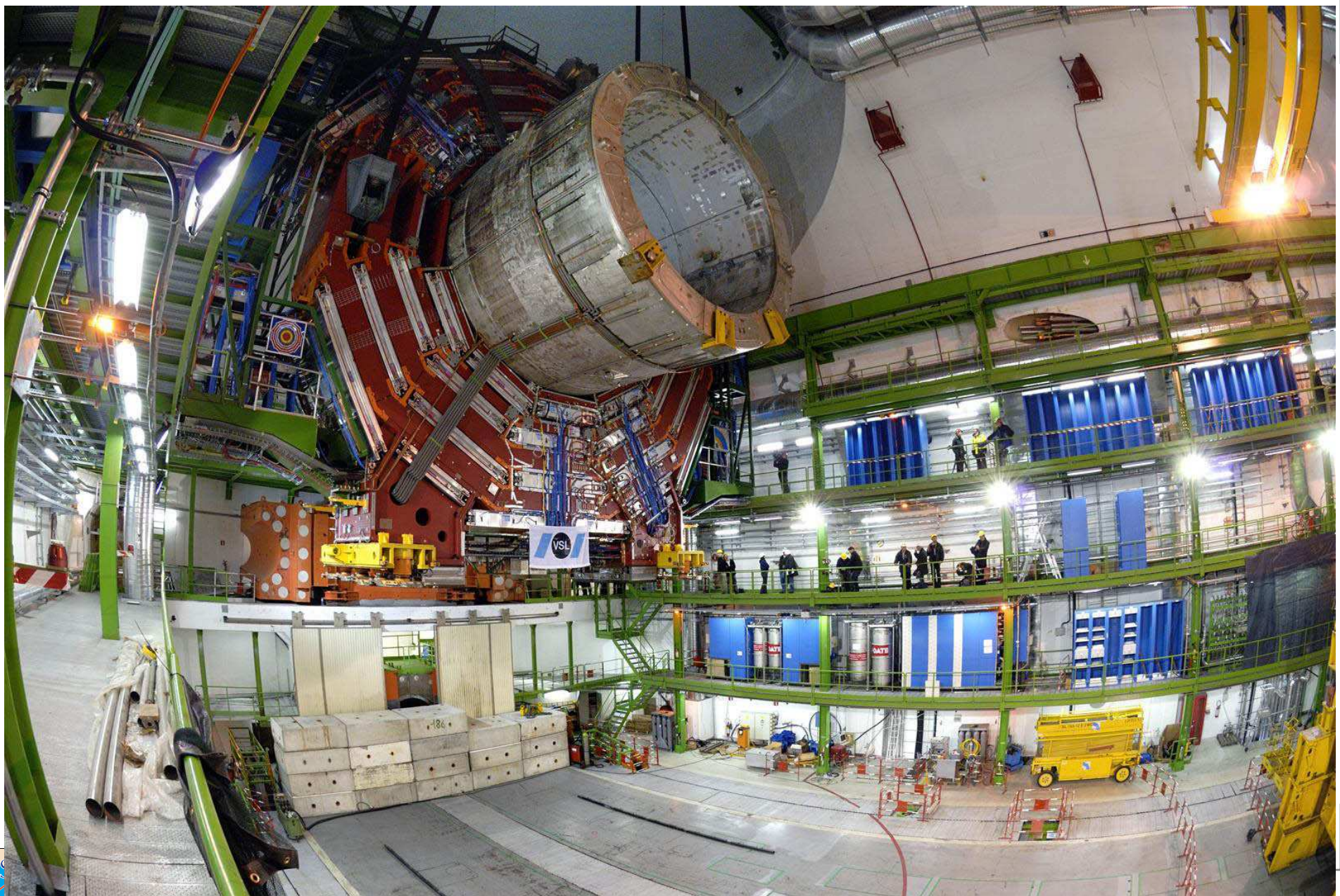


Az LHC CMS–detektora

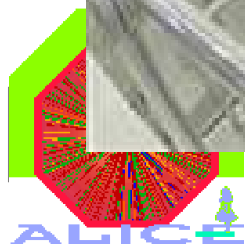
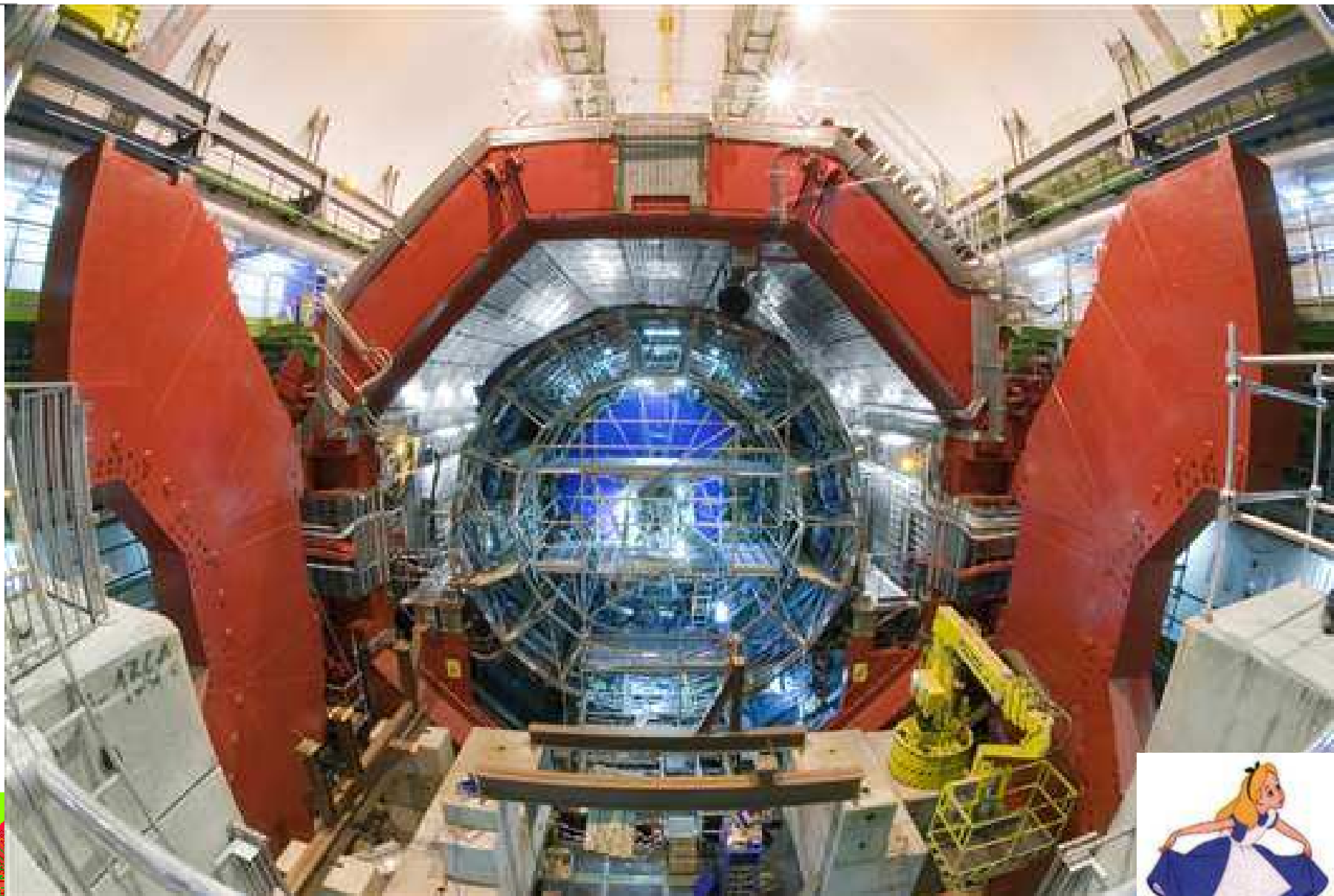


Compact Muon Solenoid: 12500 tonnás digitális kamera
100 M pixel, 40 M kép/mp, 1000 GB/mp adat
Tárolás: 100 kép/mp \Rightarrow adatszűrés!!

Beillesztik a CMS mágnesét



ALICE: A Large Ion Collider Experiment



Az LHC első időszaka: 2009-2011

1. **Járassuk be a gyorsítót:** energia, intenzitás, stabilitás
2. **Értsük meg a *detektort*:** működés, trigger, kalibráció
3. Mennyire hiteles a *szimulációnk*? Leírja az ismert folyamatokat és a detektort? Egyezik a mért adatokkal?
4. **Látunk *eltérést (többletet)*** valamilyen eloszlásban a háttérszimulációhoz képest? Új fizika vagy hibás háttérbecslés?
5. Működés osztozik a gyorsítófejlesztés és a kísérletezés között
6. **2010 nov. 4: Pb-ionok keringenek és gyorsulnak.**
(Nov. 7: forradalom a nehézionfizikában!)



2011 aug: 1380 csomag, 50 ns távolság

LHC Page1 Fill: 2022 E: 3500 GeV 12-08-2011 09:45:12

PROTON PHYSICS: STABLE BEAMS

Energy:	3500 GeV	I(B1):	1.66e+14	I(B2):	1.73e+14
----------------	----------	---------------	----------	---------------	----------

FBCT Intensity and Beam Energy Updated: 09:45:11

Instantaneous Luminosity Updated: 09:45:06

Comments 12-08-2011 09:33:25 :

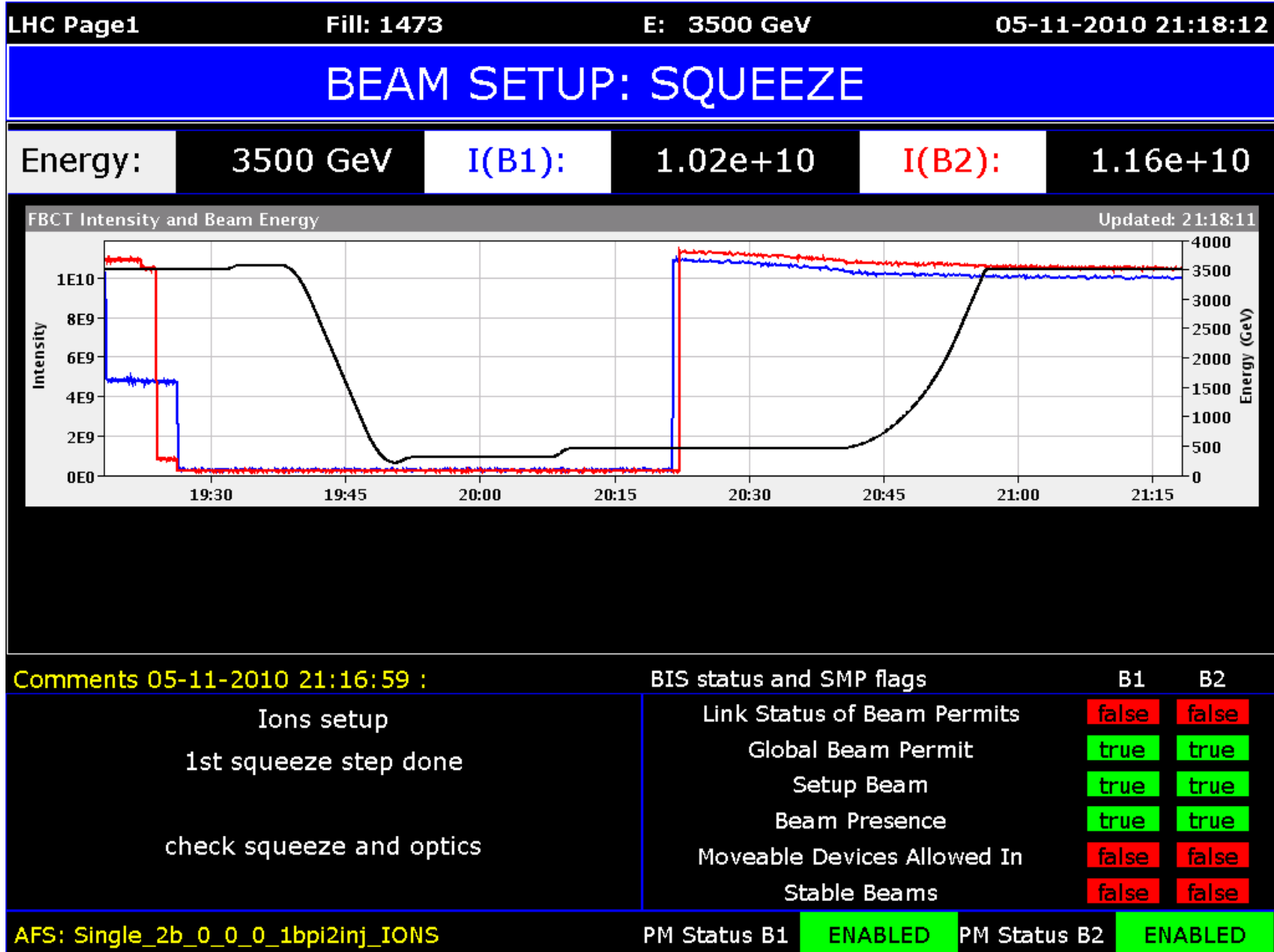
<p>*** STABLE BEAMS ***</p>	BIS status and SMP flags		B1	B2
	Link Status of Beam Permits	true	true	
	Global Beam Permit	true	true	
	Setup Beam	false	false	
	Beam Presence	true	true	
	Moveable Devices Allowed In	true	true	
Stable Beams	true	true		

AFS: 50ns_1380b+1small_1318_39_1296_144bpi PM Status B1 **ENABLED** PM Status B2 **ENABLED**

Körönként 1318 (ATLAS), 39 (ALICE), 1318 (CMS), 1296 (LHCb) ütközés



2010. nov. 5: Pb-nyalábok 3,5 TeV-en!



Ütközőnyaláb hozama: luminozitás

$$L = f n \frac{N_1 N_2}{A}$$

f : körfrekvencia; n : csomagok száma

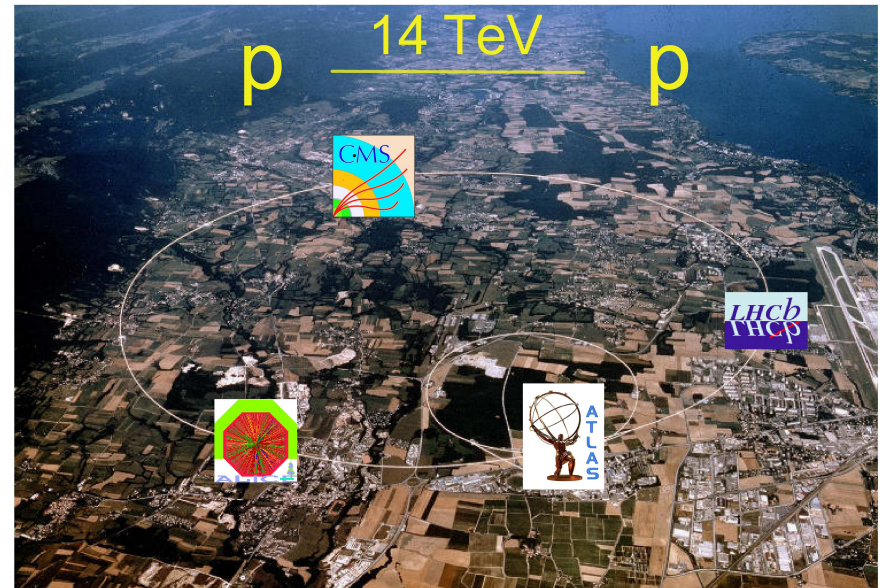
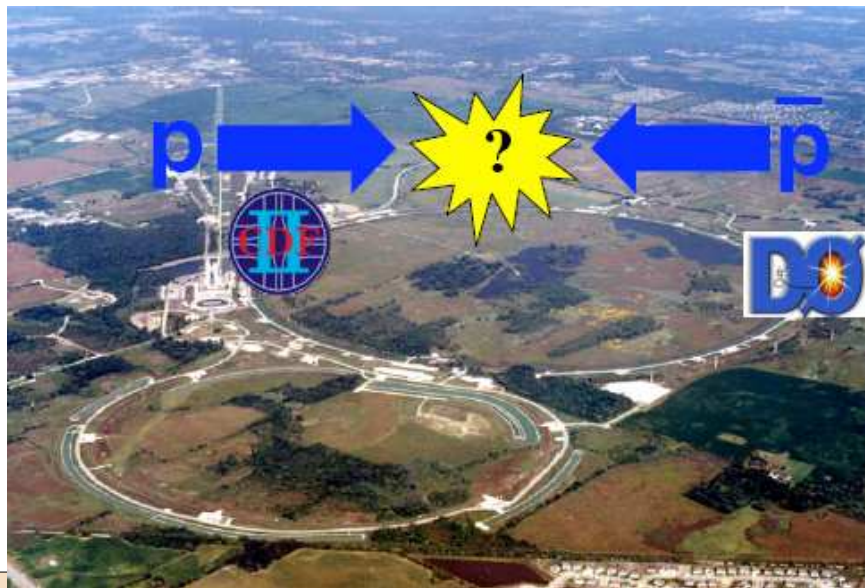
N_1, N_2 részecske/csomag; A :
nyalábok átfedése

σ hkm-ű reakció gyakorisága ϵ

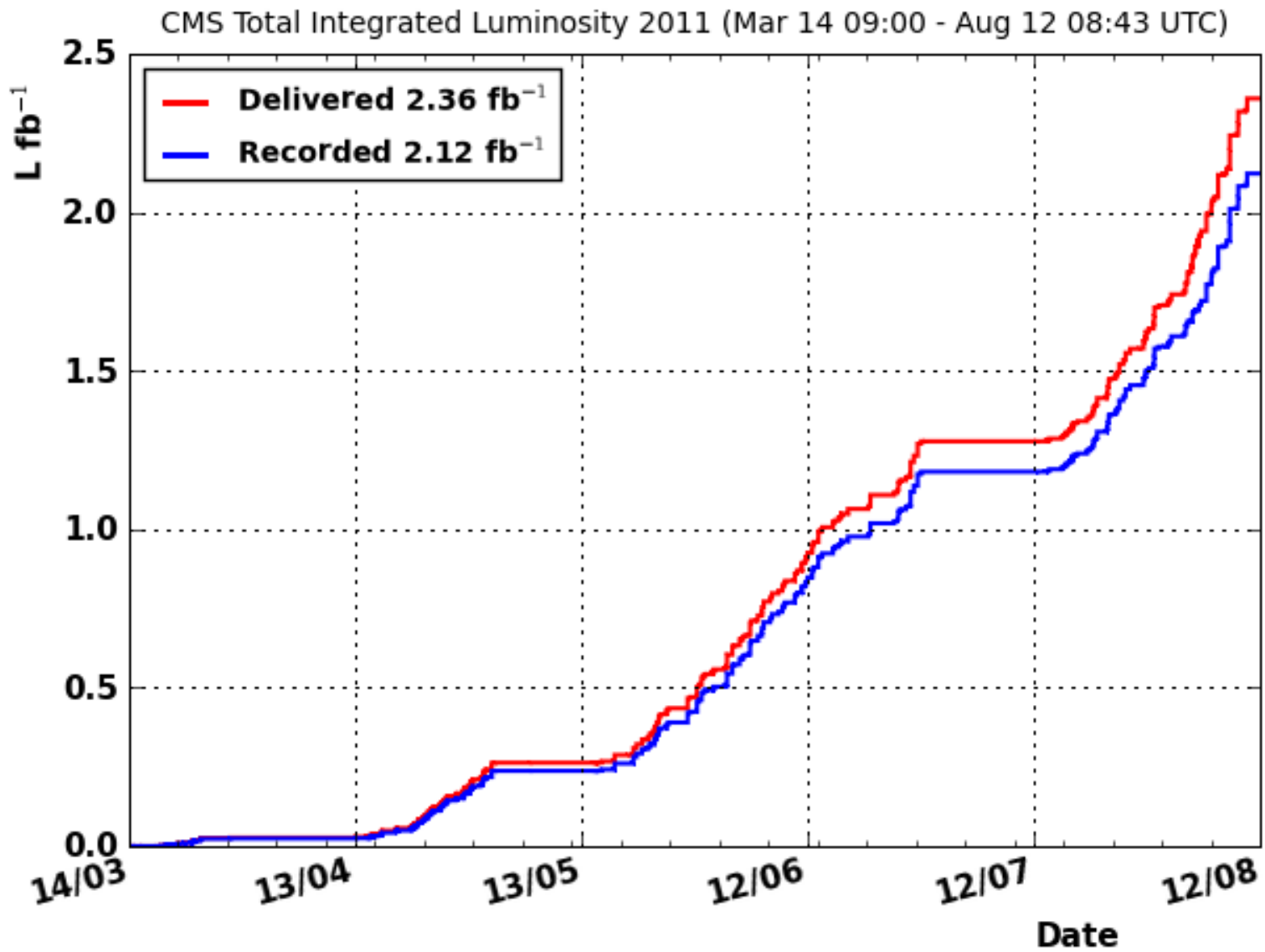
hatásfoknál $R = \epsilon \sigma L$

Integrális luminozitás: (fb^{-1})

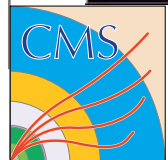
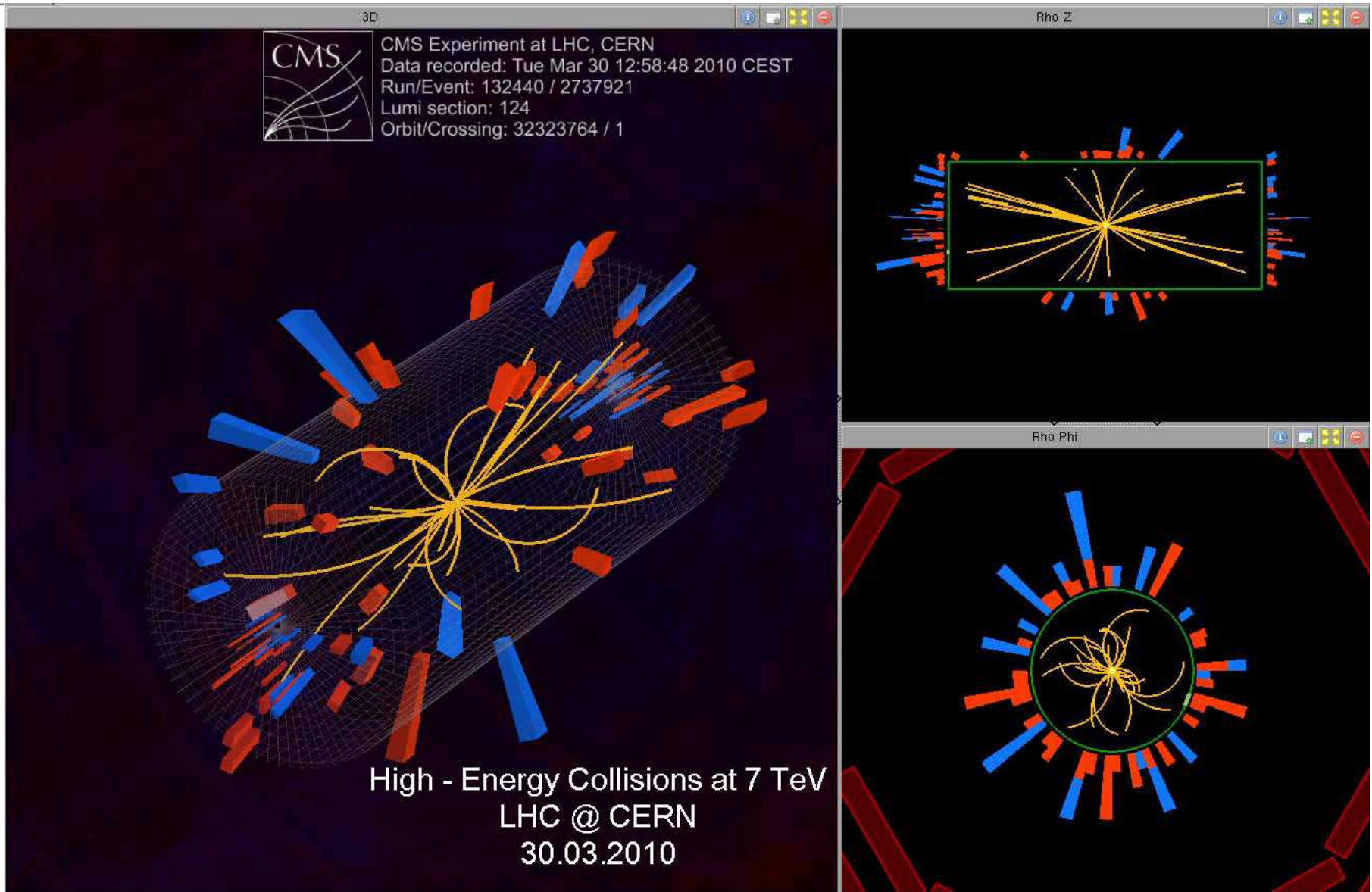
Gyorsító	ütközési energia	időszak	$\int L dt$ (fb^{-1})
Tevatron	2 TeV	2001-2006	2,5
LHC	14 TeV	első pár nap	0,1
LHC	14 TeV	első pár hónap	1
LHC	14 TeV	első év (kis int.)	10



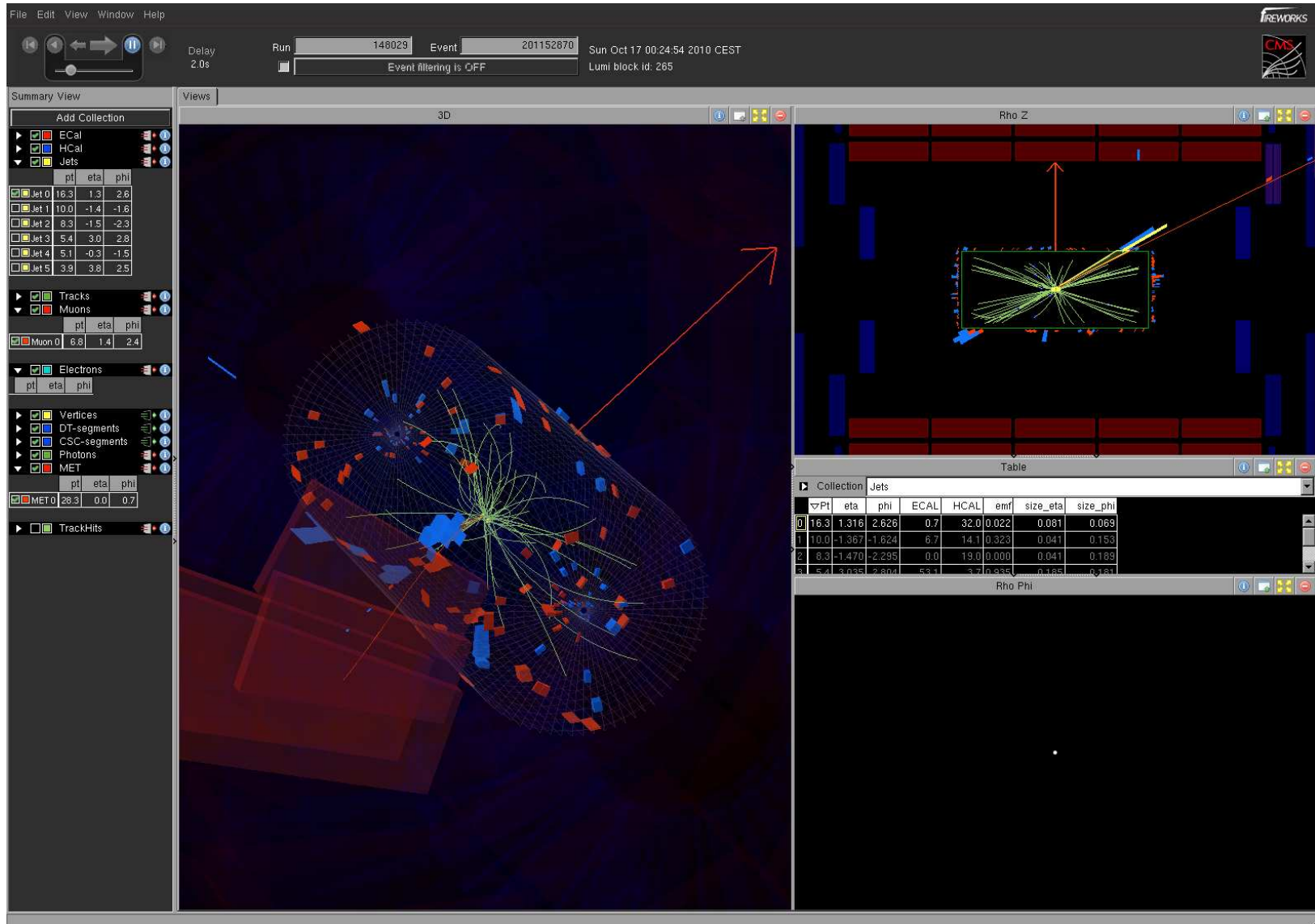
Adatgyűjtés: 2010.03.29 → 2011.08.12



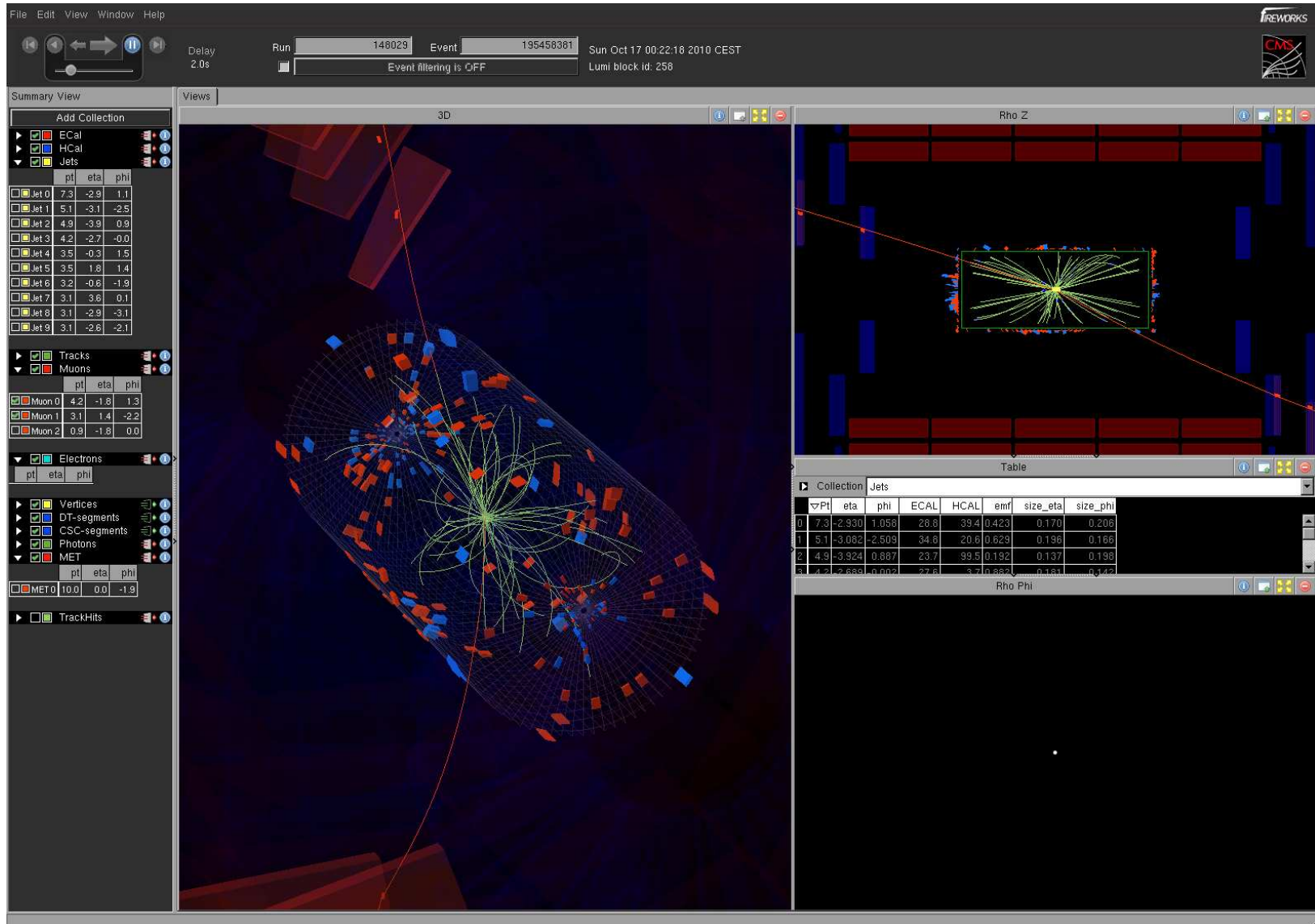
Többkvarkos CMS-esemény 7 TeV-nél



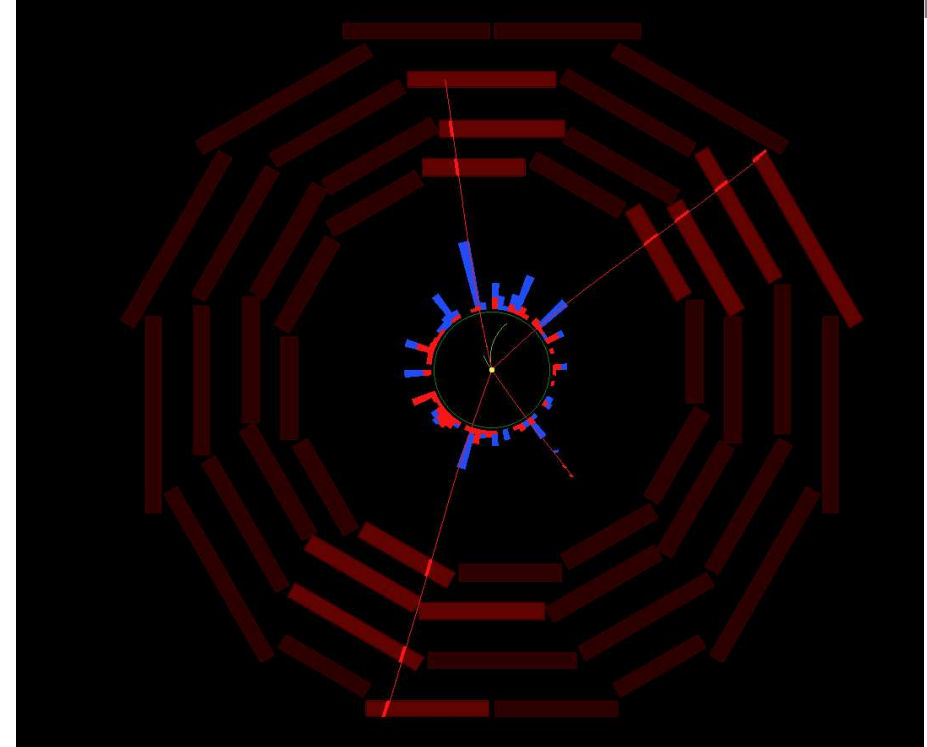
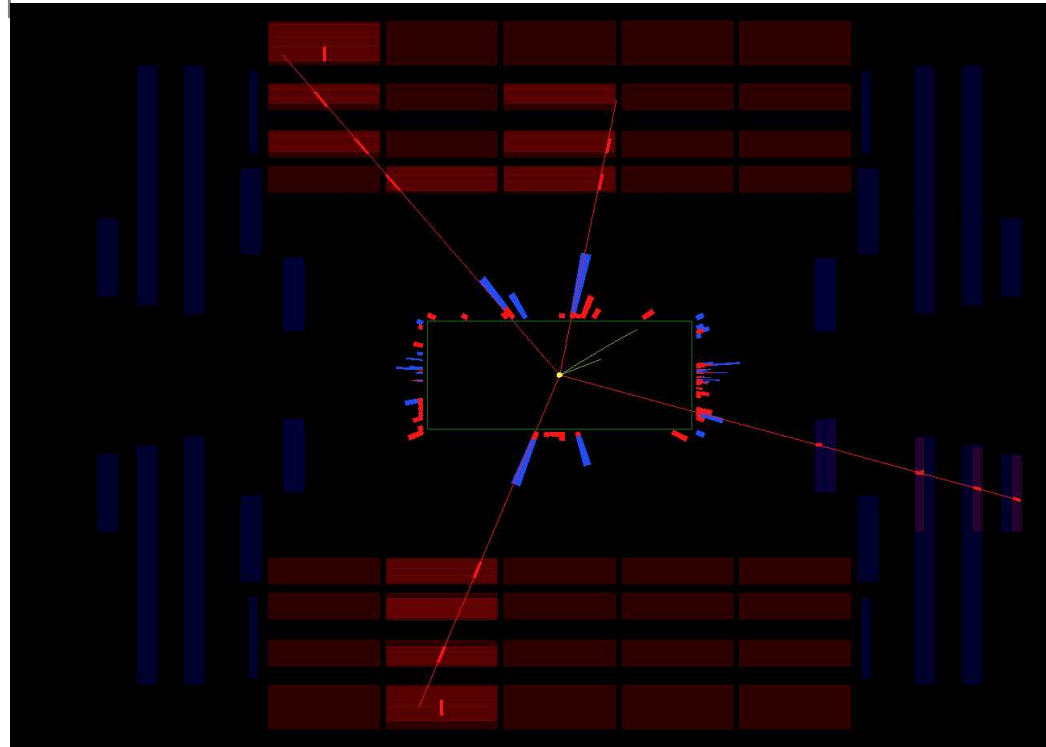
CMS-esemény: müion + hiányzó impulzus



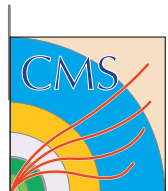
CMS-esemény: 2 müion



CMS-esemény: $ZZ \rightarrow \mu^+ \mu^- \mu^+ \mu^-$

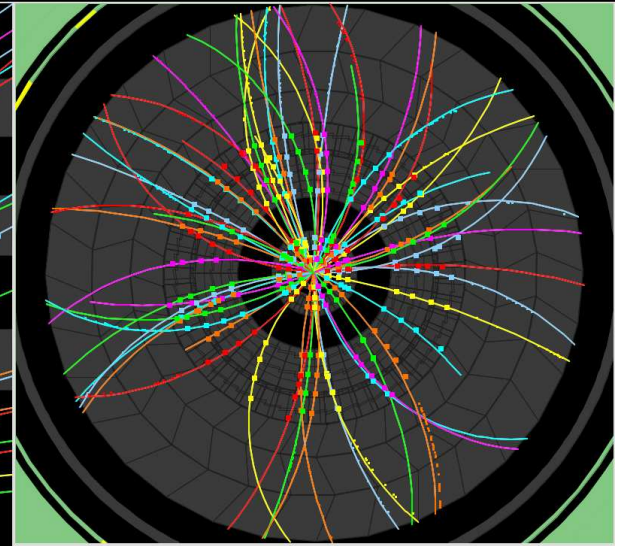
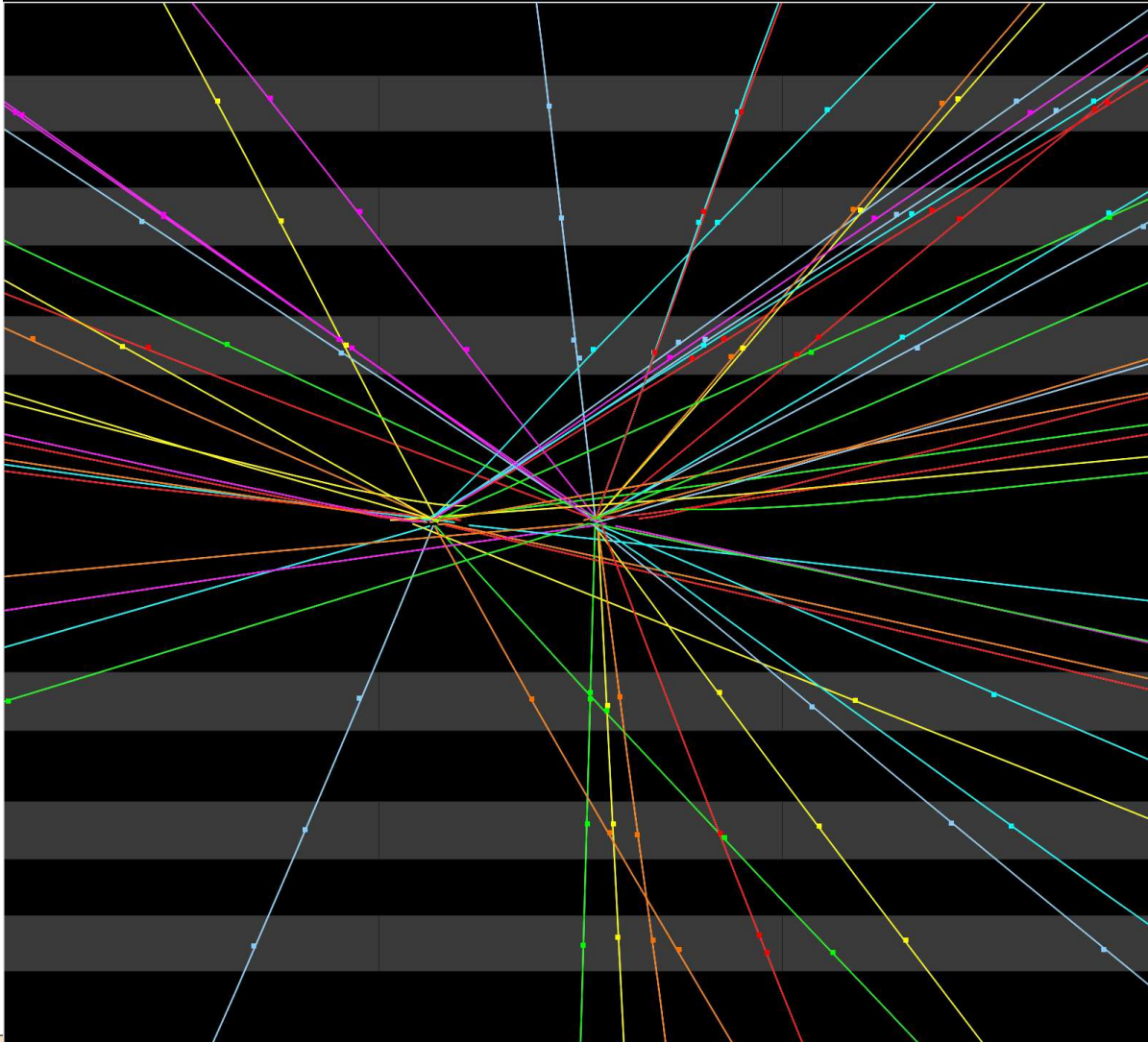


$M(ZZ) = 200 \text{ GeV}$ (Higgs-gyanús, de túl nagy tömeggel)



Sokhadronos ATLAS-esemény 7 TeV-nél

Collision Event at 7 TeV with 2 Pile Up Vertices



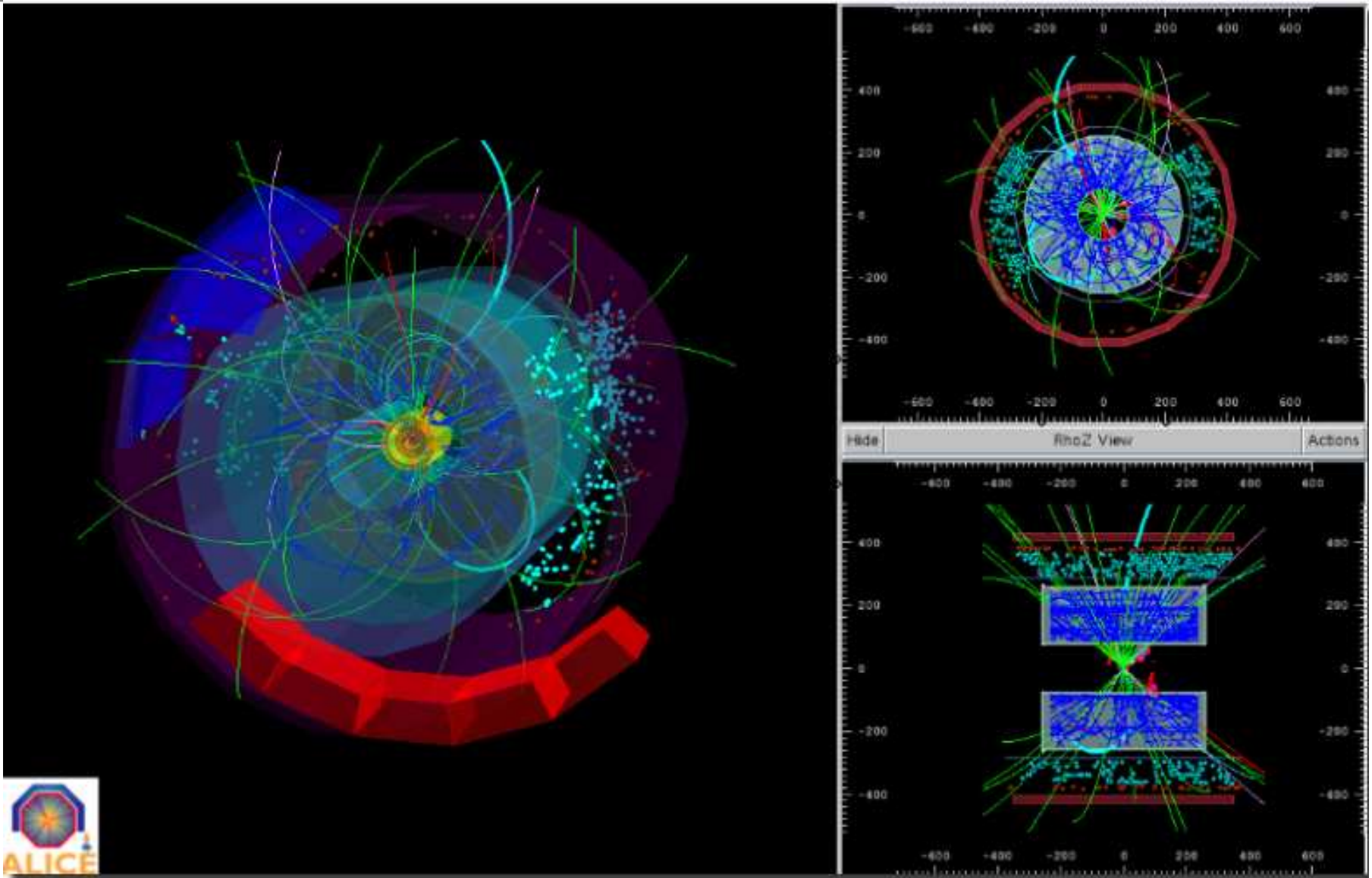
ATLAS
EXPERIMENT

Run Number: 152166, Event Number: 467774

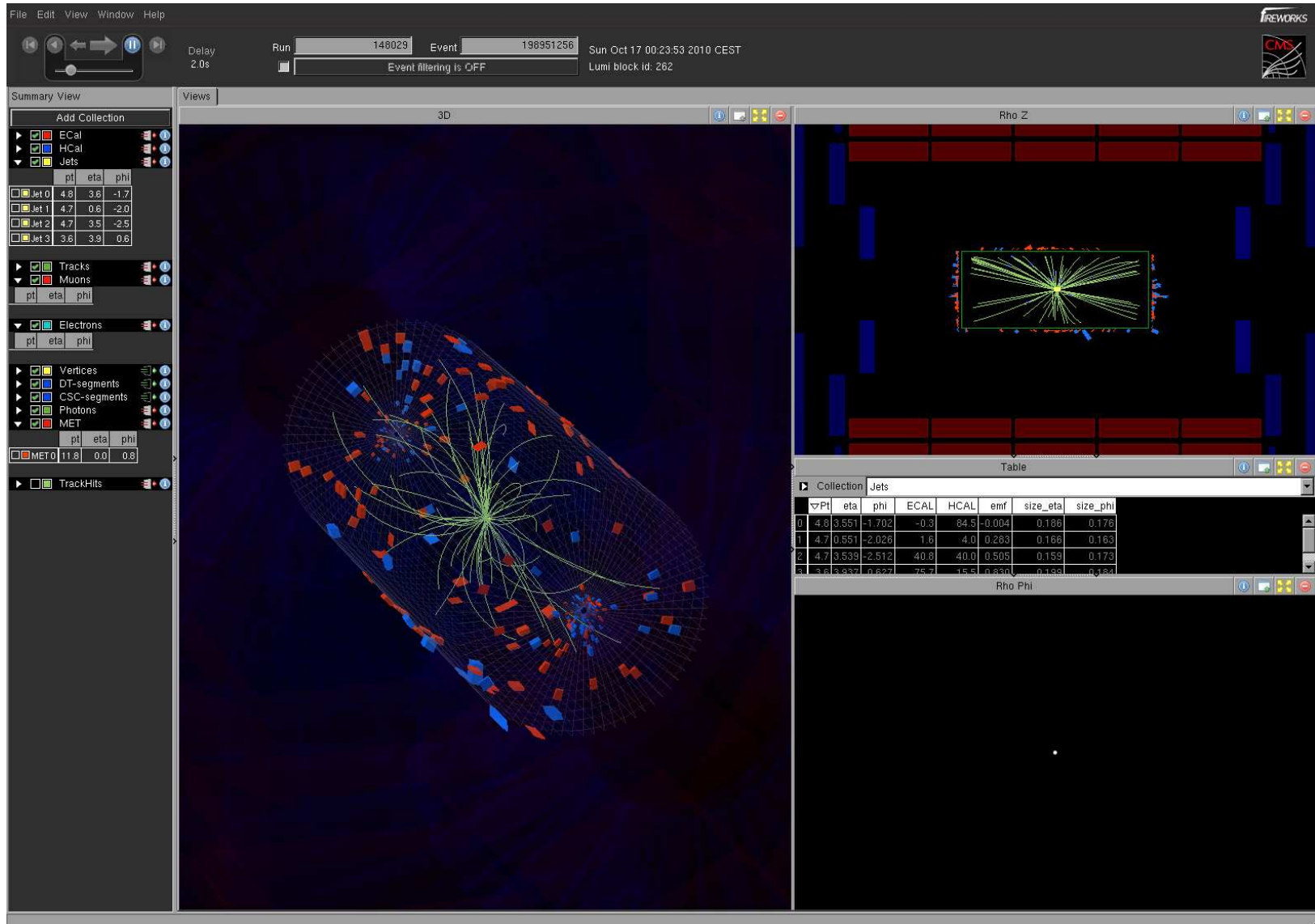
Date: 2010-03-30 13:31:46 CEST

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

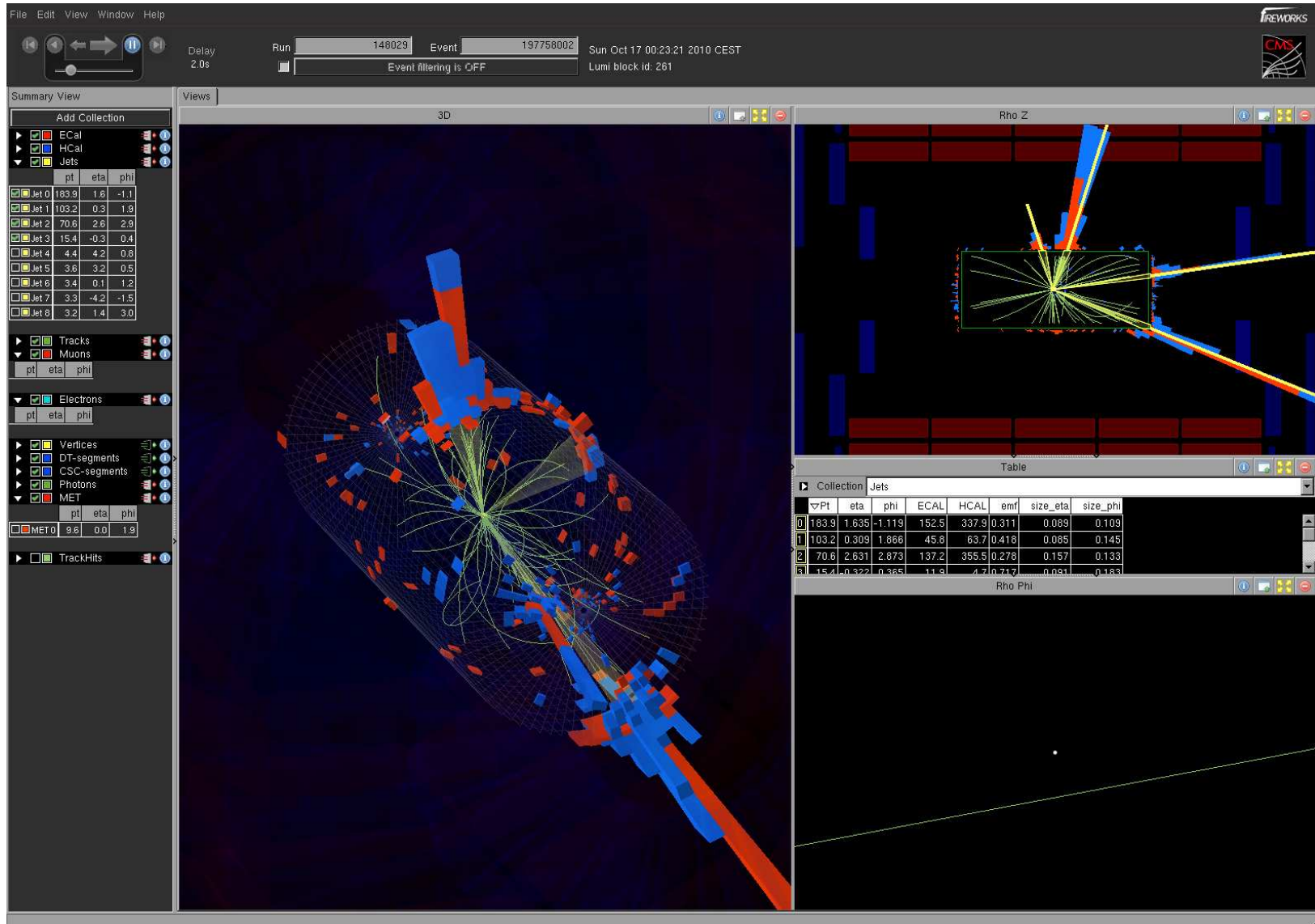
Sokhadronos ALICE-esemény 7 TeV-nél



CMS-esemény: QCD-reakció



CMS-esemény: 4 hadronzárpor



Első 7-TeV-es cikk: CMS, QCD

PRL 105, 022002 (2010)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
9 JULY 2010



Transverse-Momentum and Pseudorapidity Distributions of Charged Hadrons in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV

V. Khachatryan *et al.**
(CMS Collaboration)

(Received 18 May 2010; published 6 July 2010)

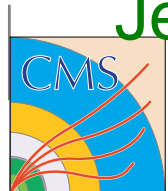
Charged-hadron transverse-momentum and pseudorapidity distributions in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV are measured with the inner tracking system of the CMS detector at the LHC. The charged-hadron yield is obtained by counting the number of reconstructed hits, hit pairs, and fully reconstructed charged-particle tracks. The combination of the three methods gives a charged-particle multiplicity per unit of pseudorapidity $dN_{\text{ch}}/d\eta|_{|\eta|<0.5} = 5.78 \pm 0.01(\text{stat}) \pm 0.23(\text{syst})$ for non-single-diffractive events, higher than predicted by commonly used models. The relative increase in charged-particle multiplicity from $\sqrt{s} = 0.9$ to 7 TeV is $[66.1 \pm 1.0(\text{stat}) \pm 4.2(\text{syst})]\%$. The mean transverse momentum is measured to be $0.545 \pm 0.005(\text{stat}) \pm 0.015(\text{syst})$ GeV/ c . The results are compared with similar measurements at lower energies.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.105.022002

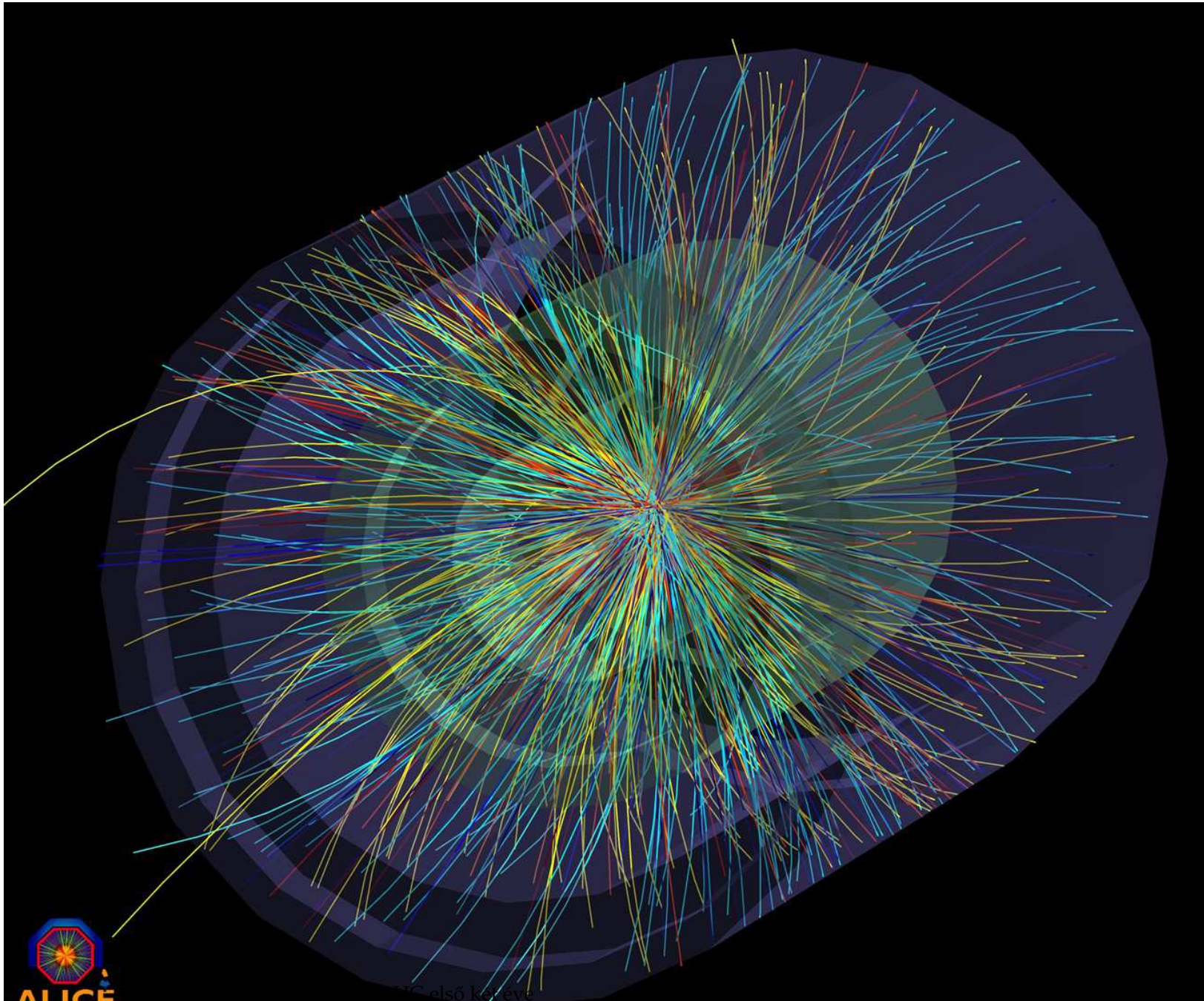
PACS numbers: 13.85.Ni

Tartalom: 5 oldal, szerzők: 8 oldal

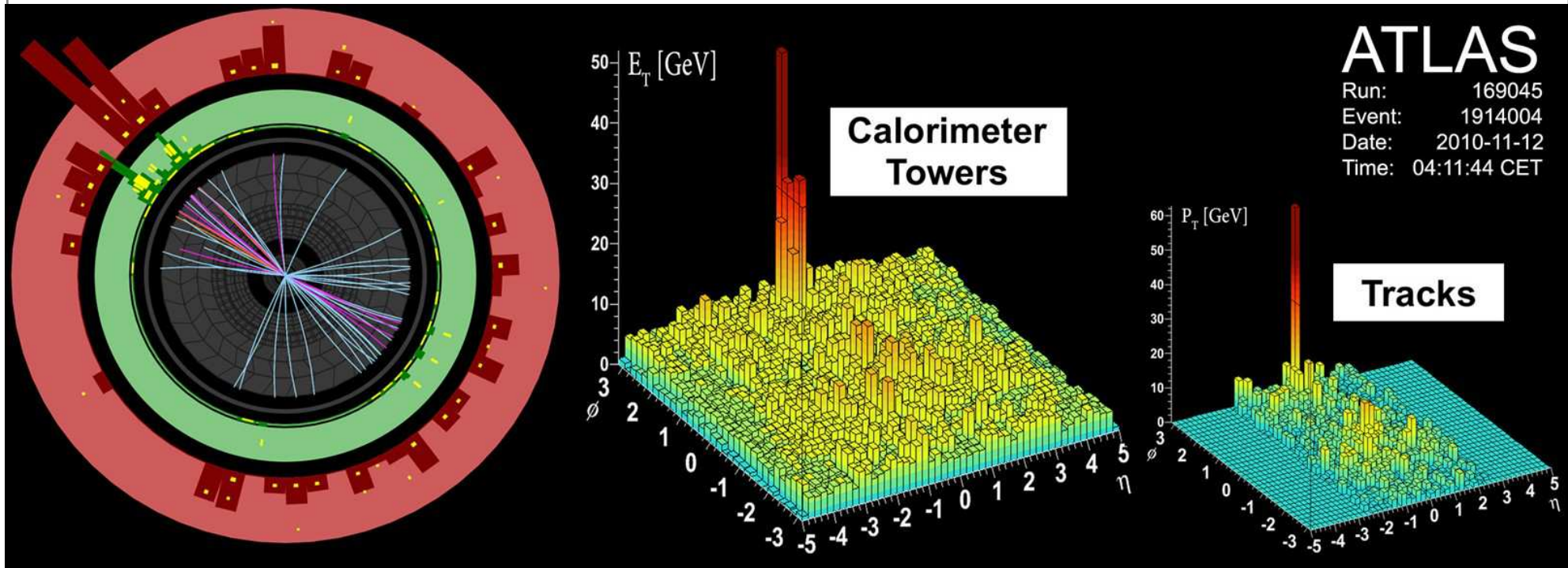
Jelentős magyar részvétel: Siklér Ferenc, Veres Gábor és
Krajczár Krisztián (RMKI és ELTE)



Pb-Pb ütközés az ALICE-ban



ATLAS: Pb-Pb ütközés

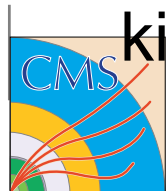


Jet-kioltás központi Pb-Pb ütközésben

Színes közeg kialakulása nagy energián.

Centrális ütközésekből eredő két-hadronzáporos eseményeknél csak a felülethez közeli kvark vagy gluon tud kiszabadulni, az ellenkező irányba menő párja elnyelődik.

CMS is megfigyelte (természetesen -:)



De hol van a Higgs-bozon?

A fizika legkeresettebb részecskéje, mivel a Standard modell egyetlen hiányzó alkatrésze.

Kísérletileg (még?) nem figyeltük meg,

LEP: $M(H) > 114.4 \text{ GeV}$

Az elmélet szerint léteznie kell mert tömeget teremt és rendbeteszi a divergenciákat

*„It was in 1972 ...
that my life as a boson really began”*

Peter Higgs:

*My Life as a Boson: The Story of „The Higgs”,
Int. J. Mod. Phys. A 17 Suppl. (2002) 86-88.*



Mekkora a Higgs-bozon tömege?

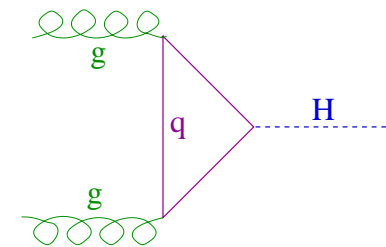
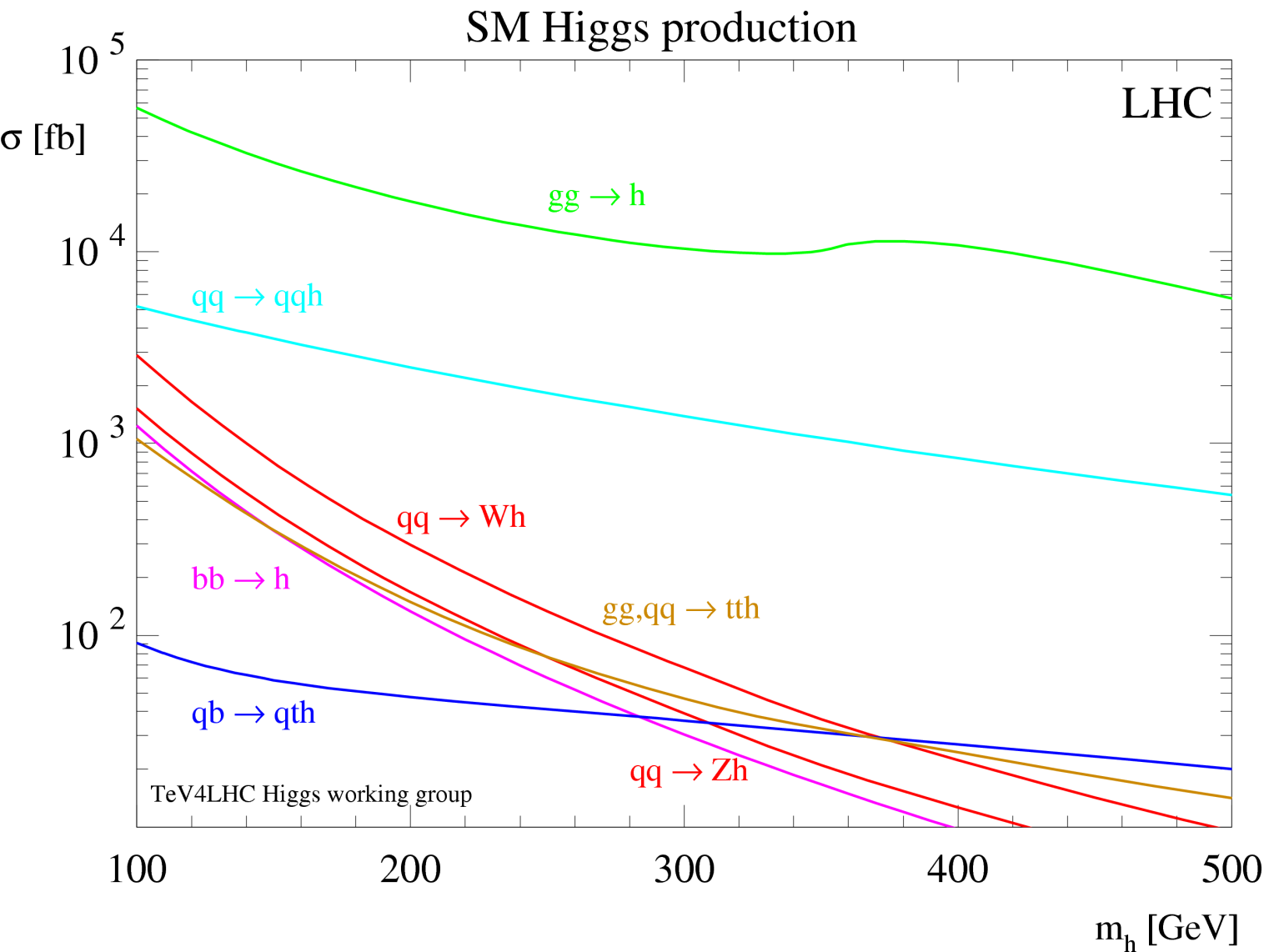
• Legalább 55 elméleti jóslat különböző modellekből:

- | | | |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| • $115.3 \pm 0.1 \text{ GeV}$ | • $131 \pm 10 \text{ GeV}$ | • $154 \pm 6 \text{ GeV}$ |
| • $117 \pm 4 \text{ GeV}$ | • $134 \pm 9 \text{ GeV}$ | • $155 \pm 8 \text{ GeV}$ |
| • $120 \pm 6 \text{ GeV}$ | • $135 \pm 6 \text{ GeV}$ | • $160 \pm 8 \text{ GeV}$ |
| • $121 \pm 6 \text{ GeV}$ | • $135 \pm 15 \text{ GeV}$ | • $160.9 \pm 0.1 \text{ GeV}$ |
| • $121.8 \pm 11 \text{ GeV}$ | • $137 \pm 23 \text{ GeV}$ | • 161.803399 GeV |
| • $122 \pm 10 \text{ GeV}$ | • $143 \pm 37 \text{ GeV}$ | • $170 \pm 10 \text{ GeV}$ |
| • $124 \pm 21 \text{ GeV}$ | • $144 \pm 4 \text{ GeV}$ | • $182 \pm 4 \text{ GeV}$ |
| • $124.2 \pm 13.2 \text{ GeV}$ | • $146 \pm 8 \text{ GeV}$ | • $185 \pm 5 \text{ GeV}$ |
| • $125 \pm 4 \text{ GeV}$ | • $146 \pm 19 \text{ GeV}$ | • $185.7 \pm 0.1 \text{ GeV}$ |
| • 129.6 GeV | • $148 \pm 34 \text{ GeV}$ | • $186 \pm 8 \text{ GeV}$ |
| • $130 \pm 6 \text{ GeV}$ | • $150 \pm 20 \text{ GeV}$ | • $197.2 \pm 124.8 \text{ GeV}$ |
| • $131 \pm 10 \text{ GeV}$ | • $153 \pm 3 \text{ GeV}$ | • ... |

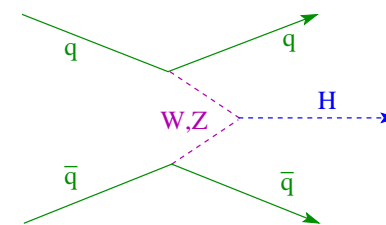
Trócsányi Zoltán gyűjtése



Higgs-keltés az LHC-nál



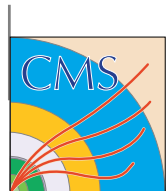
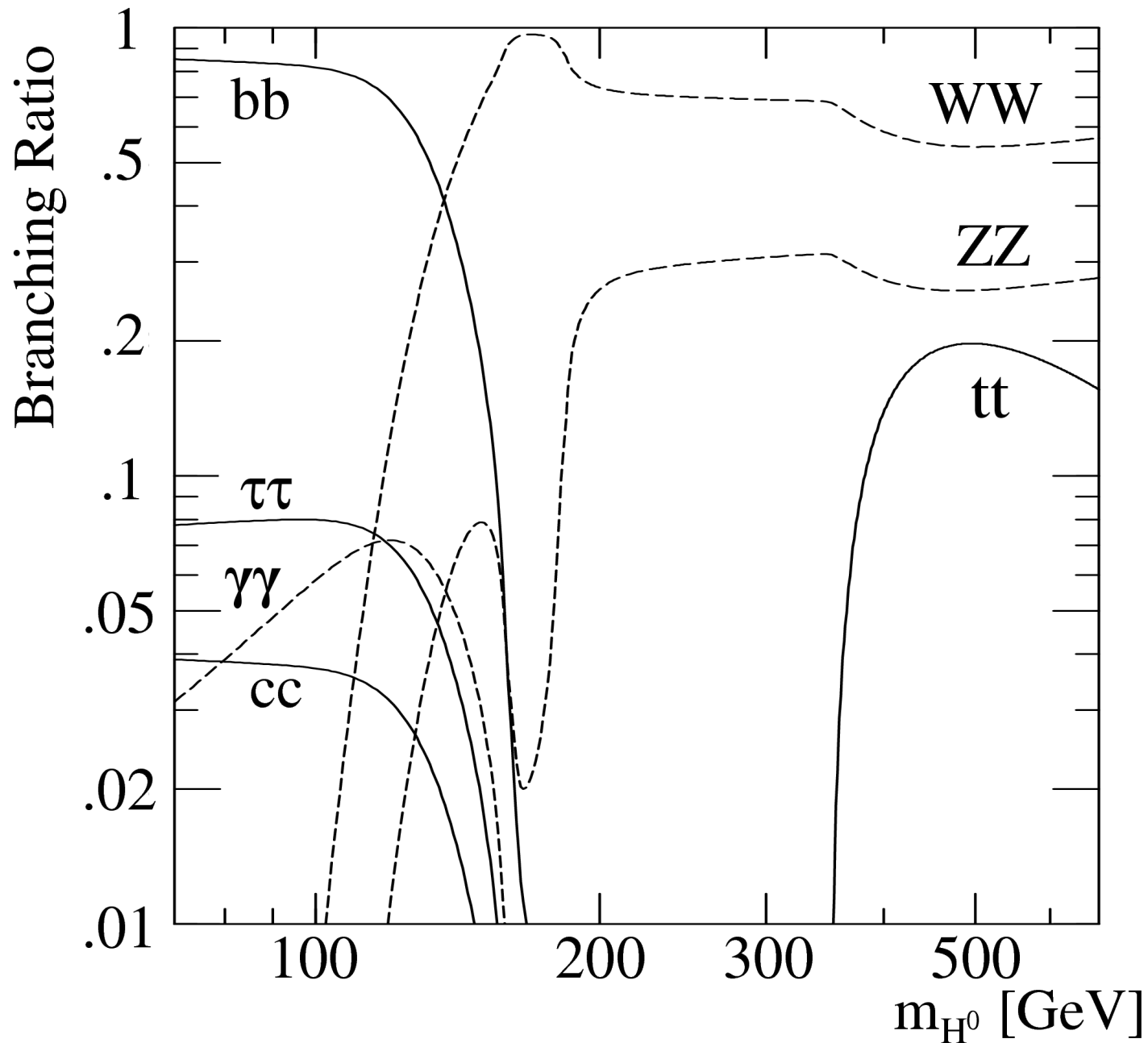
gluon-
fúzió



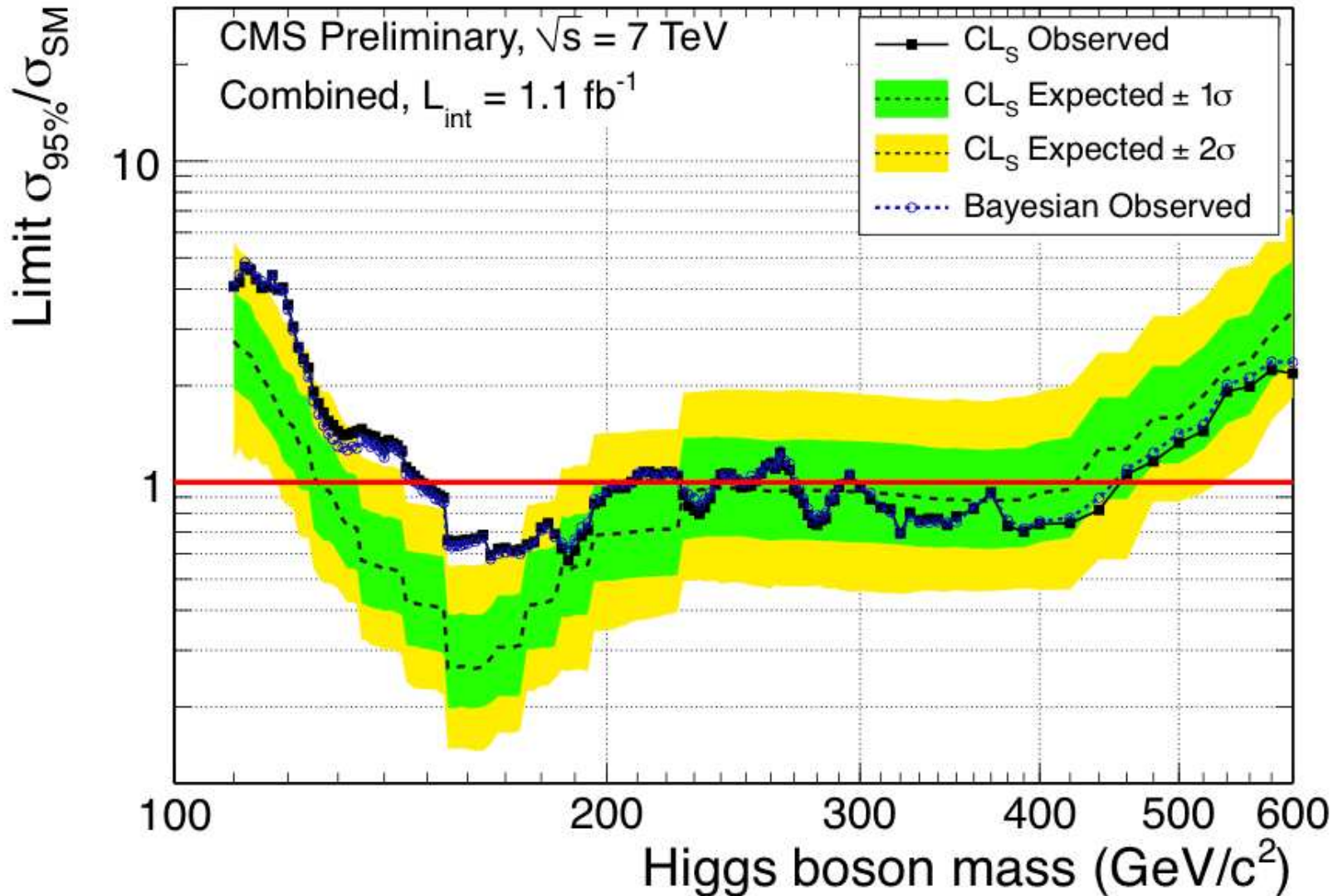
vektorbozon-
fúzió



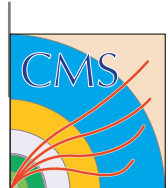
A Higgs-bomlás csatornáit



A CMS Higgs-keresése



A kellemes tartományokat kizártuk...



Köszönöm a figyelmet!



<https://cms.web.cern.ch/cms/Media/CMSEye/cam7.html>

A CMS detektorvezérlő terme: 2011 ápr. 16, 13h 08p



Köszönetnyilvánítás

- Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal
- OTKA NK67974, K72172 és NK81887
- Magyar és Osztrák Tudományos Akadémia
- Tét JAP-21/2006 és Tokiói Egyetem
- Megértő együttműködő partnereink

