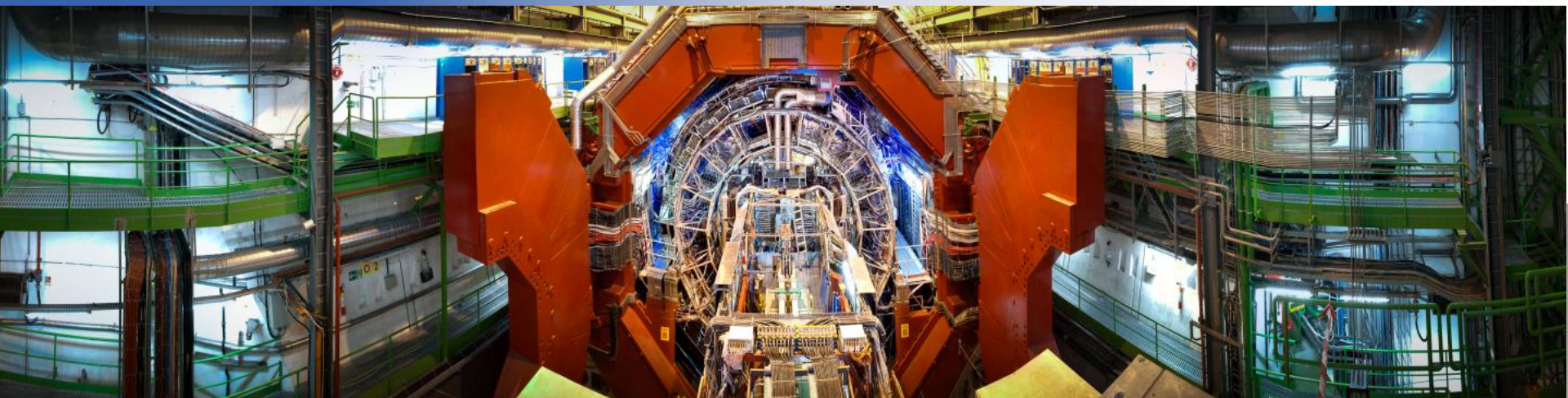


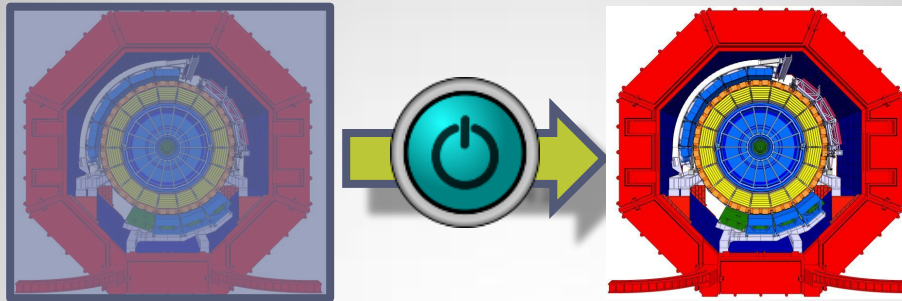


Ako sa kontrolujú obrovské detektory v CERNe?
Kontrolný systém experimentu ALICE

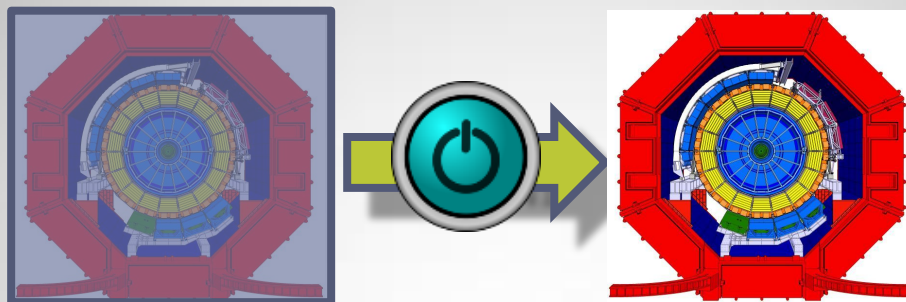
**Peter Chochula, Európske centrum jadrových
výskumov v Ženeve**

Druhé Okná CERNu dokorán, Košice, November 2015

O čom budeme hovoriť?



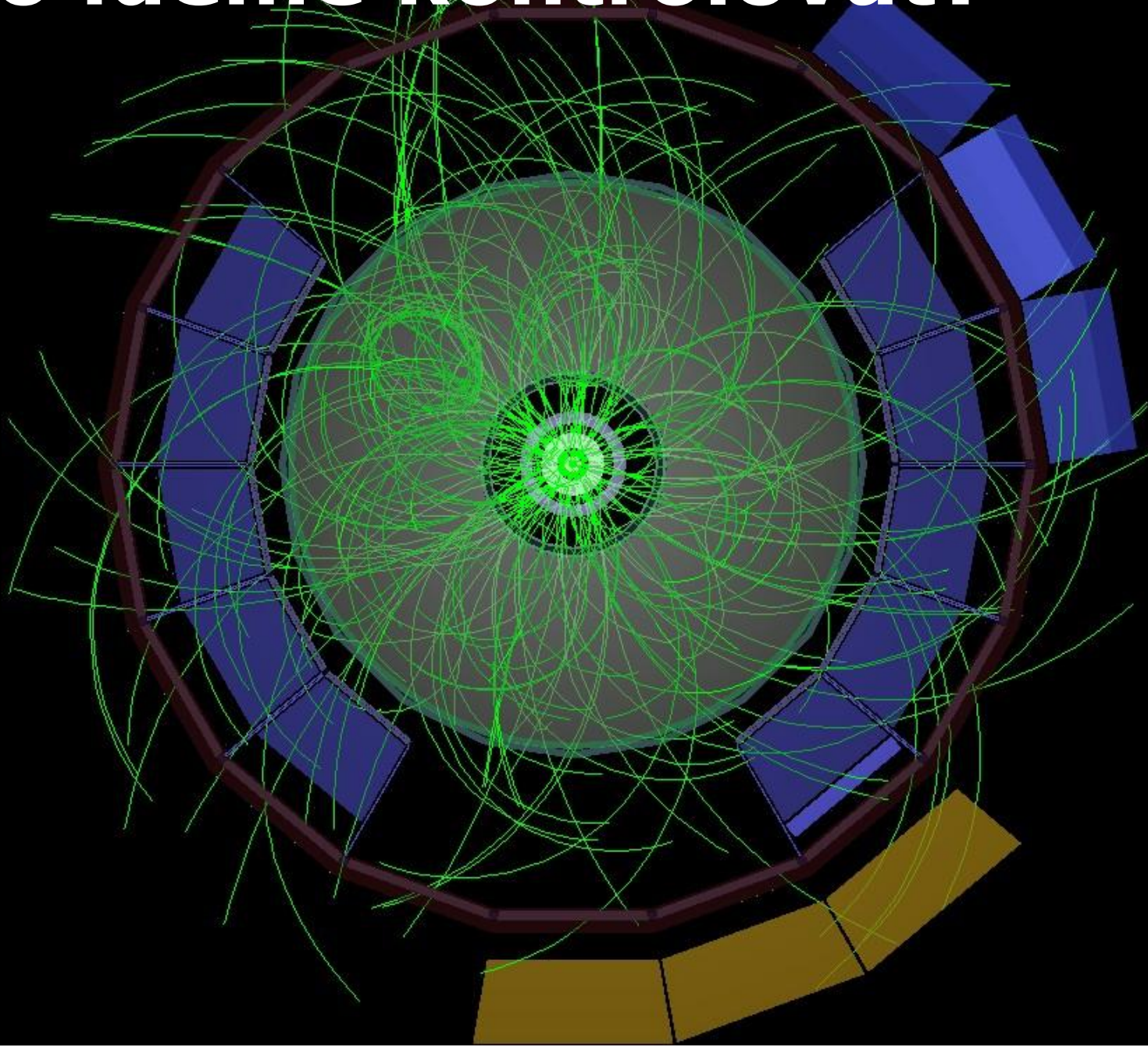
O čom budeme hovoriť?



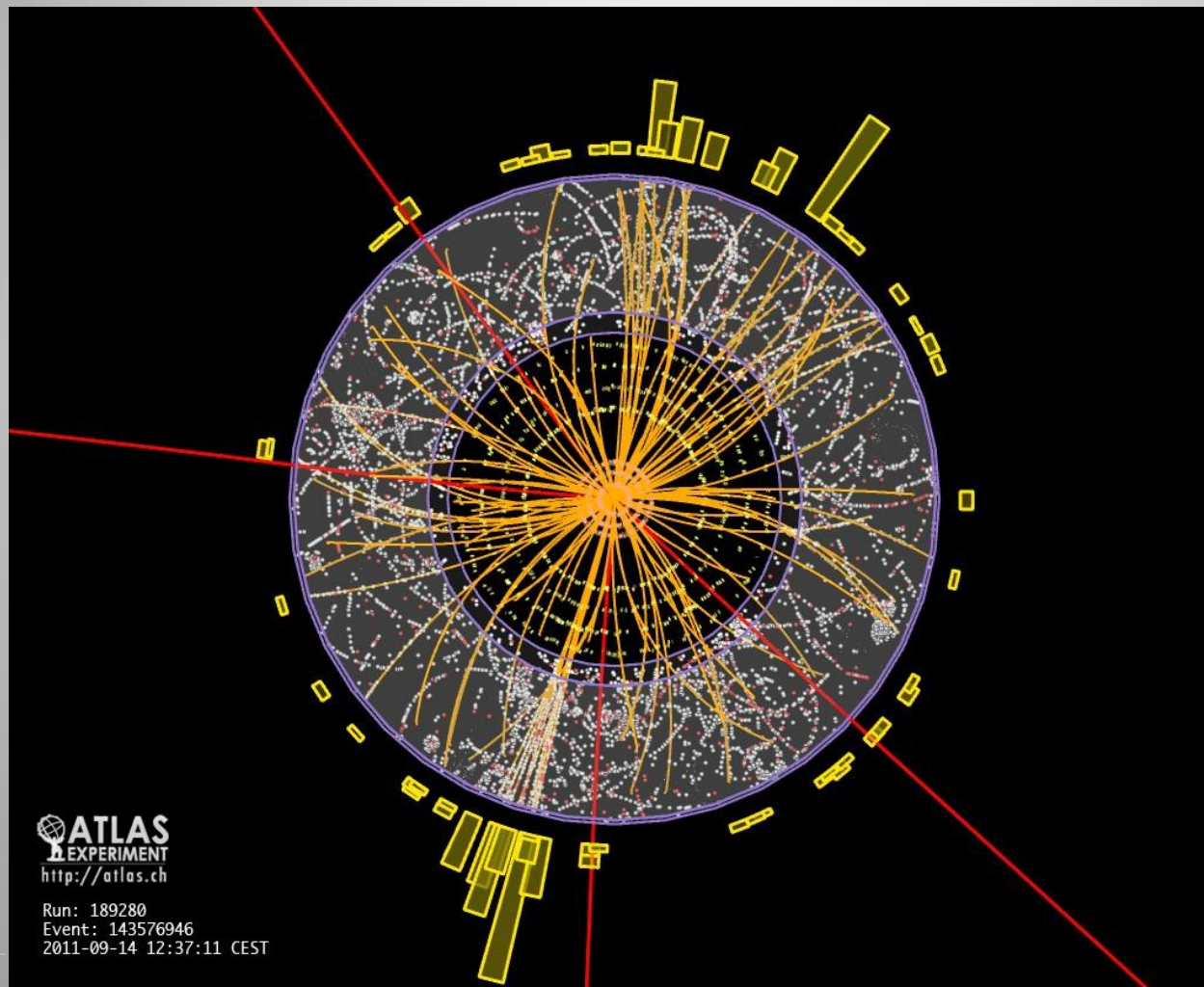
Je to také jednoduché ?
(... asi nie, ináč by sme si nemali o čom hovoriť...)



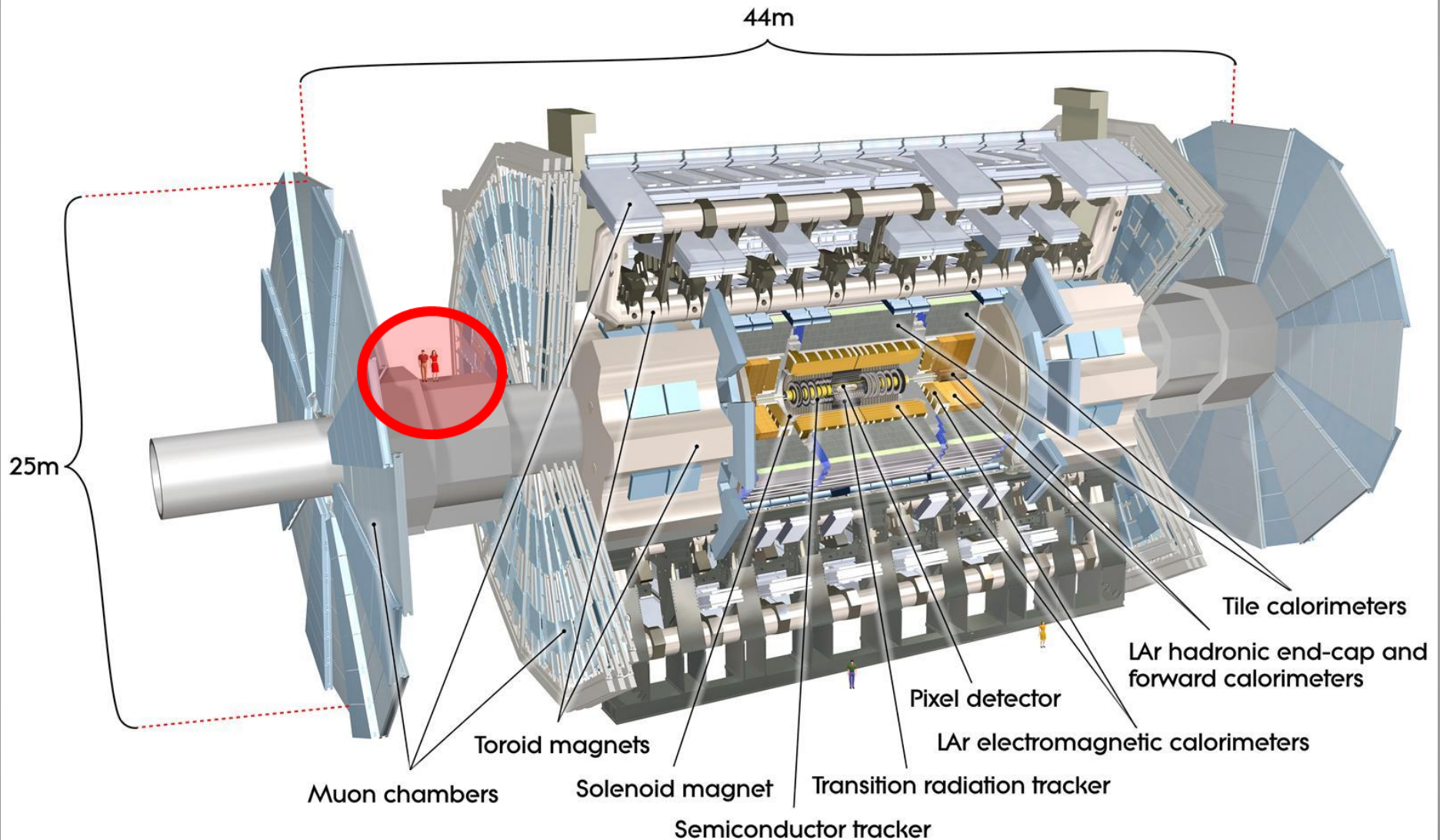
Čo ideme kontrolovať?



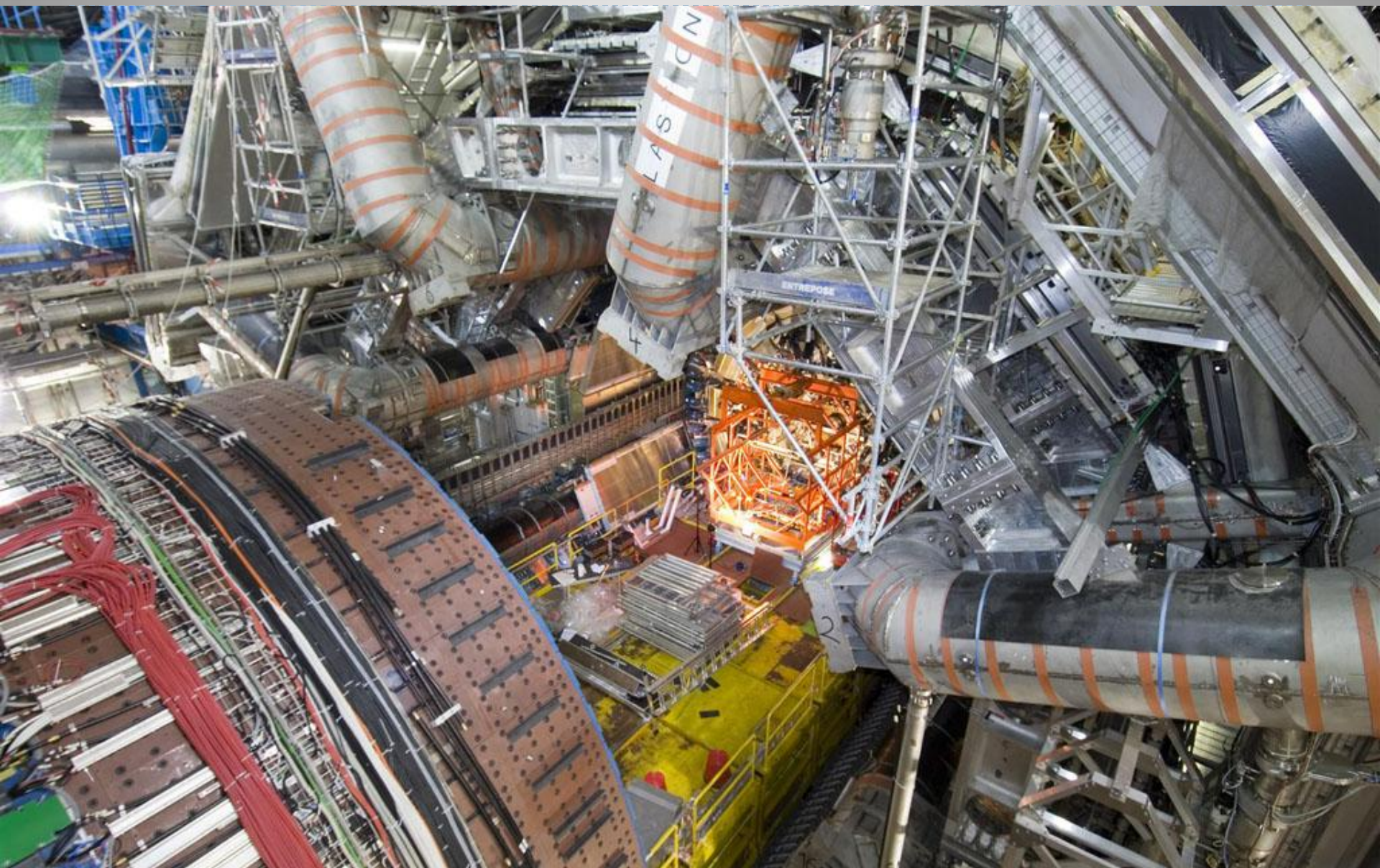
Takto nejako vyzerá rozpad Higgsovho bozónu



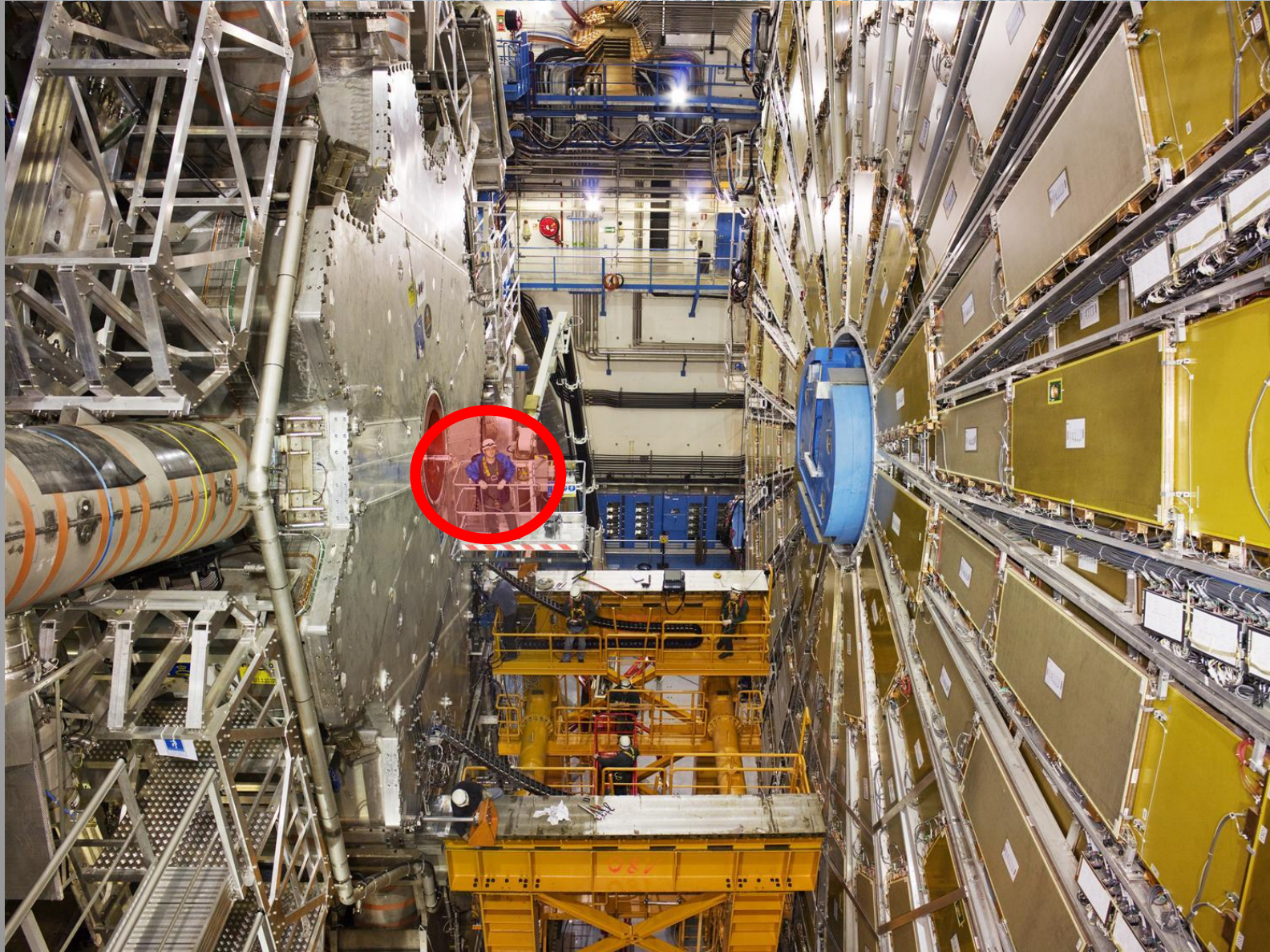
A toto je kamera, ktorá to vidí (ATLAS - CERN)



A toto je kamera, ktorá to videla
(ATLAS - CERN)



Aj toto je kamera, ktorá to videla
(ATLAS - CERN)



Aj toto je kamera, ktorá to vidí (CMS-CERN)

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 16\text{m}^2 \sim 66\text{M}$ channels
Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2 \sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

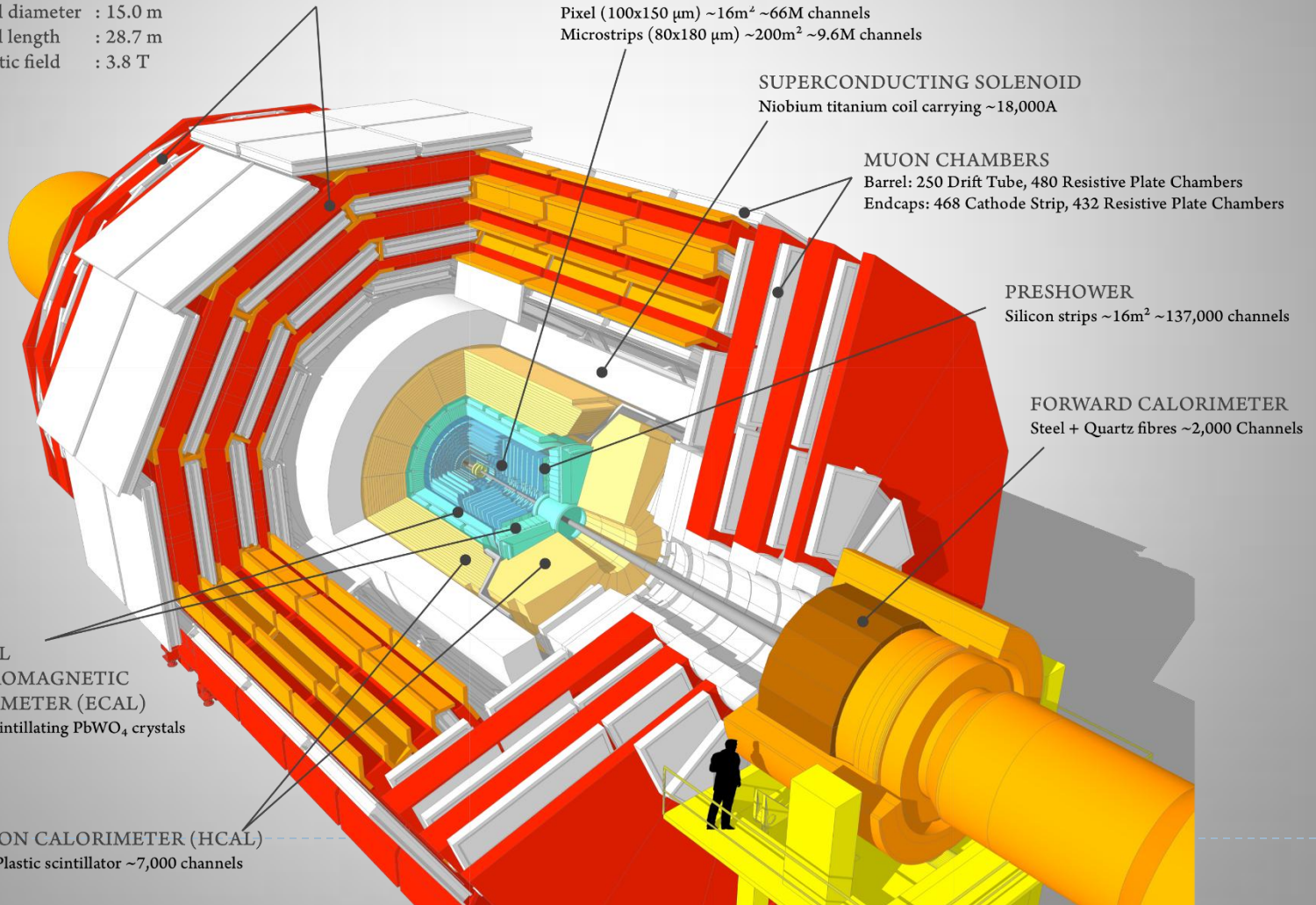
MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2 \sim 137,000$ channels

FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

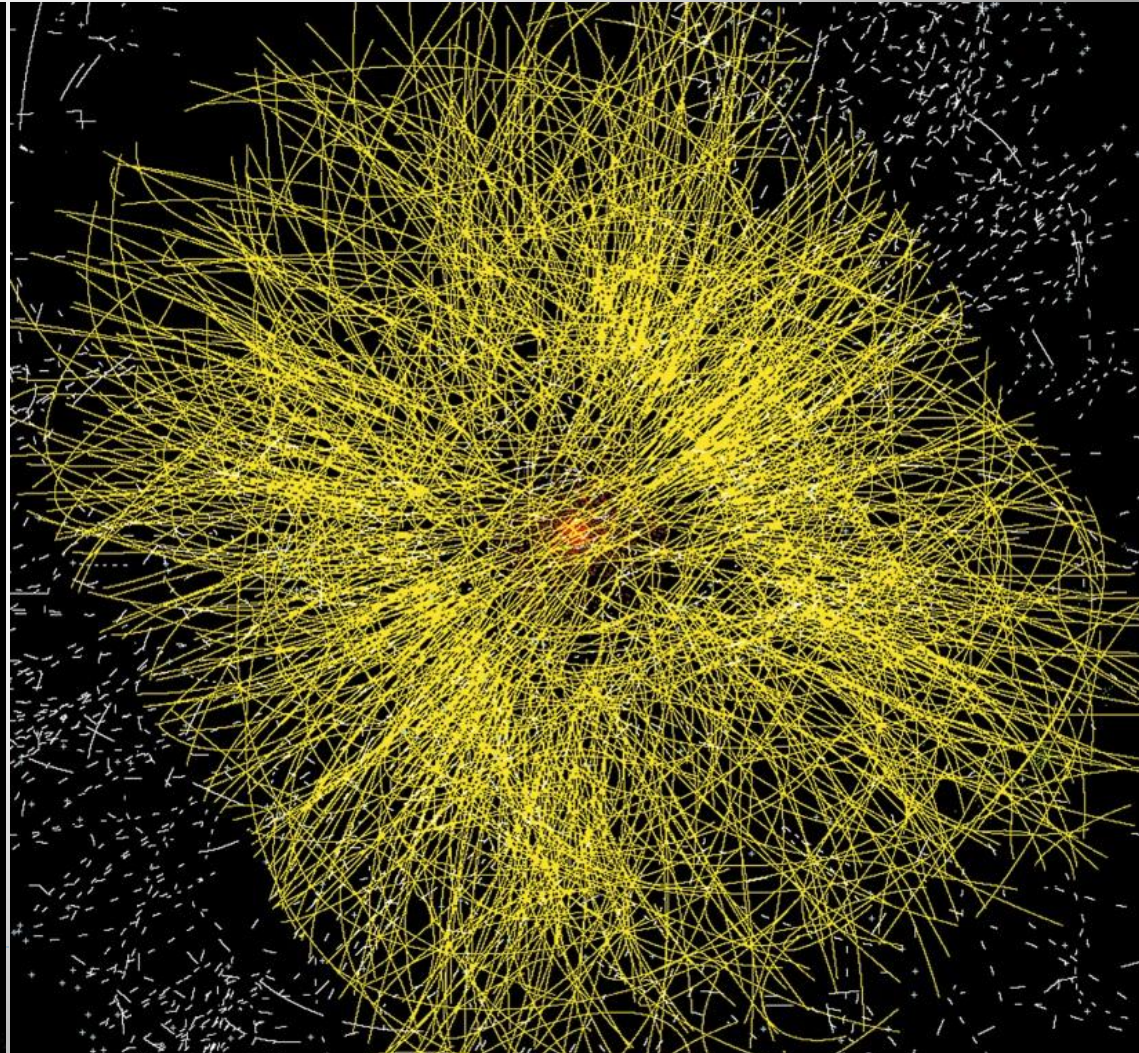
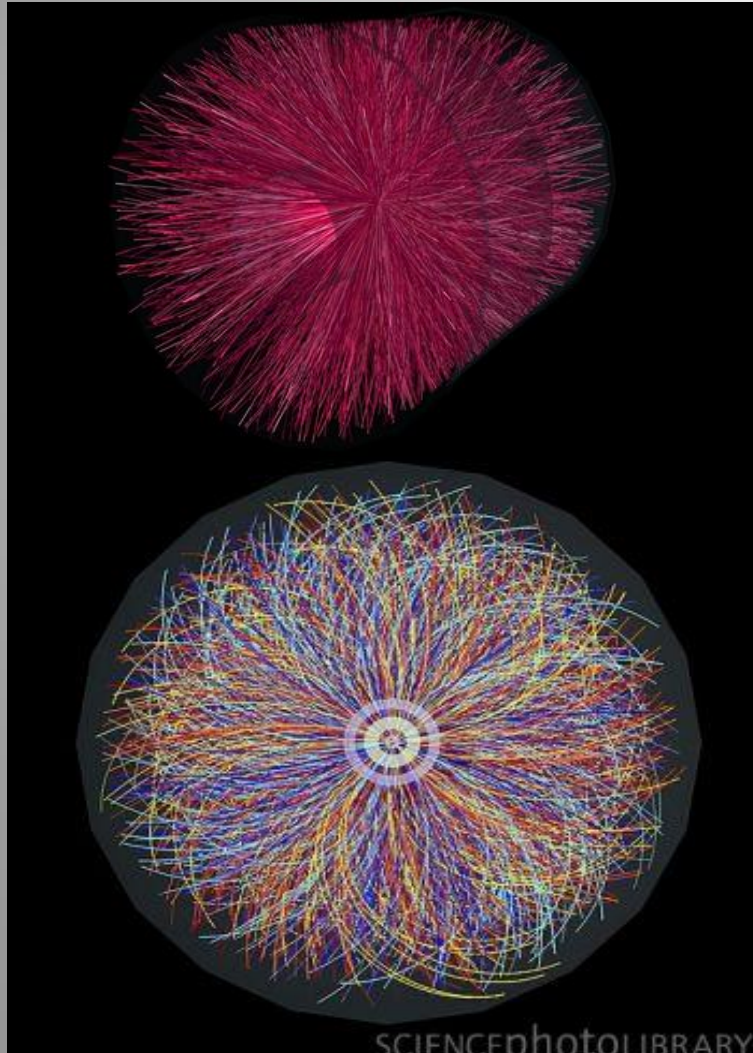
HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels



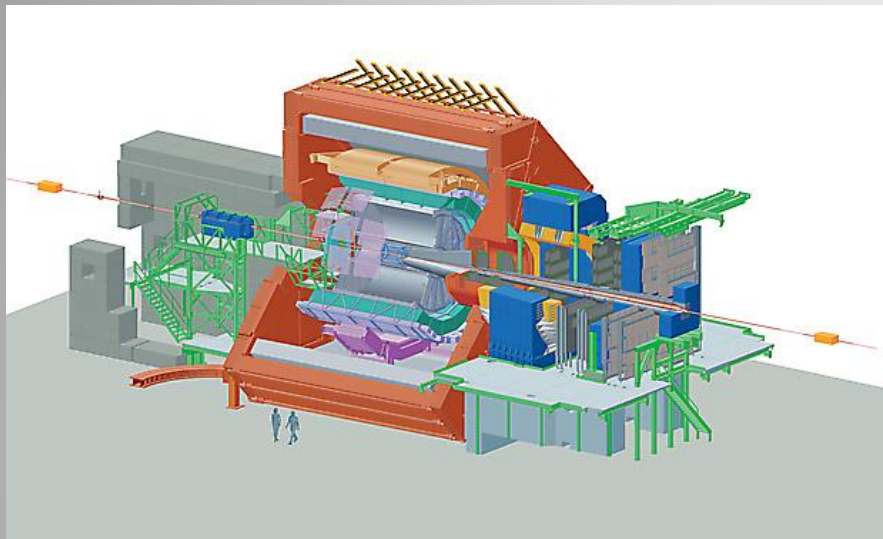
Aj toto je kamera, ktorá to videla
(CMS- CERN)



Takto nejako vyzerali procesy v kvapke prahmoty milióntinu sekundy po vzniku Vesmíru (pri teplote 100 000 krát vyššej než v strede hviezd)



A táto kamera to zaznamenala (ALICE- CERN)



Detektor:

Rozmery: 16 x 26 m (niektoré komponenty sú nainštalované >100m miesta zrážky)

Hmotnosť: 11,000 ton

Počet sub-detektorov: 20

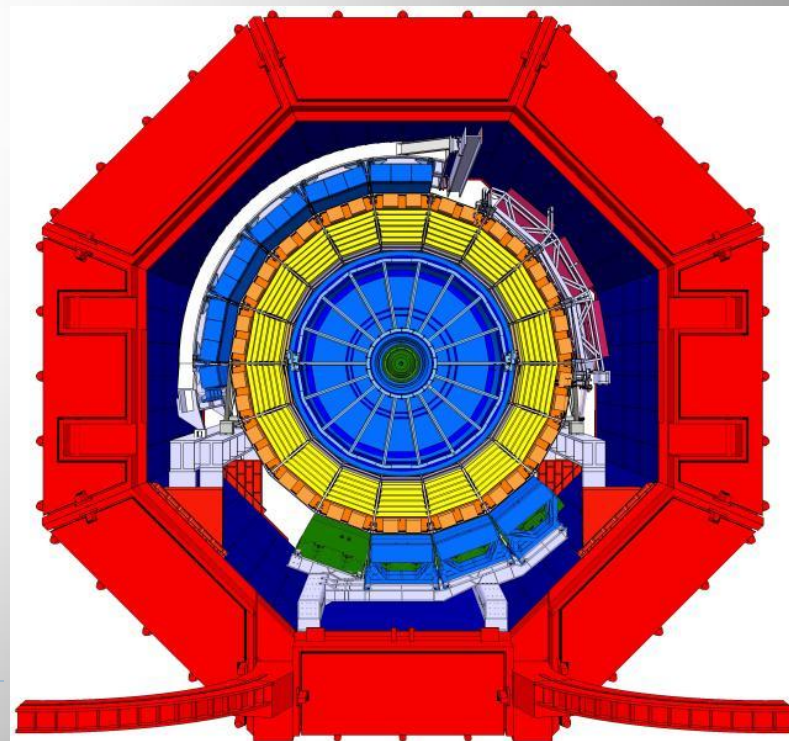
Magnety: 2

Kolaborácia

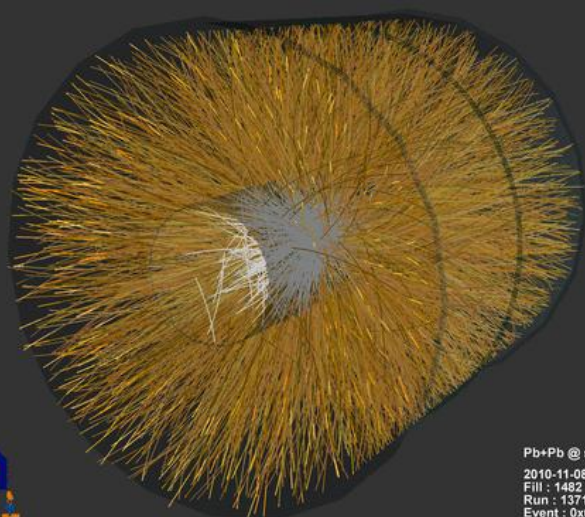
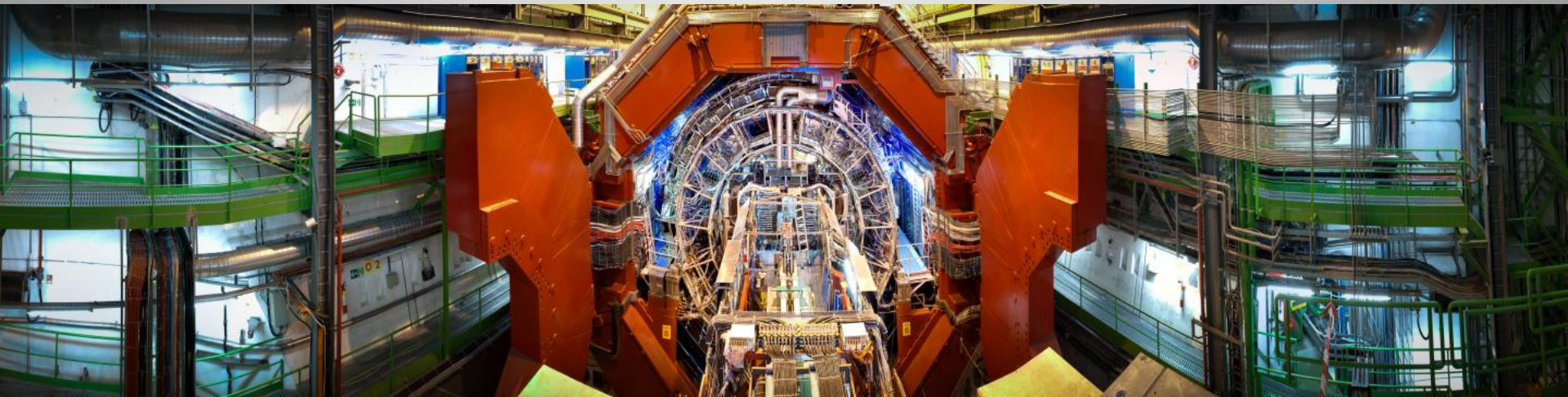
Členovia: >1500

Inštitúty: >140

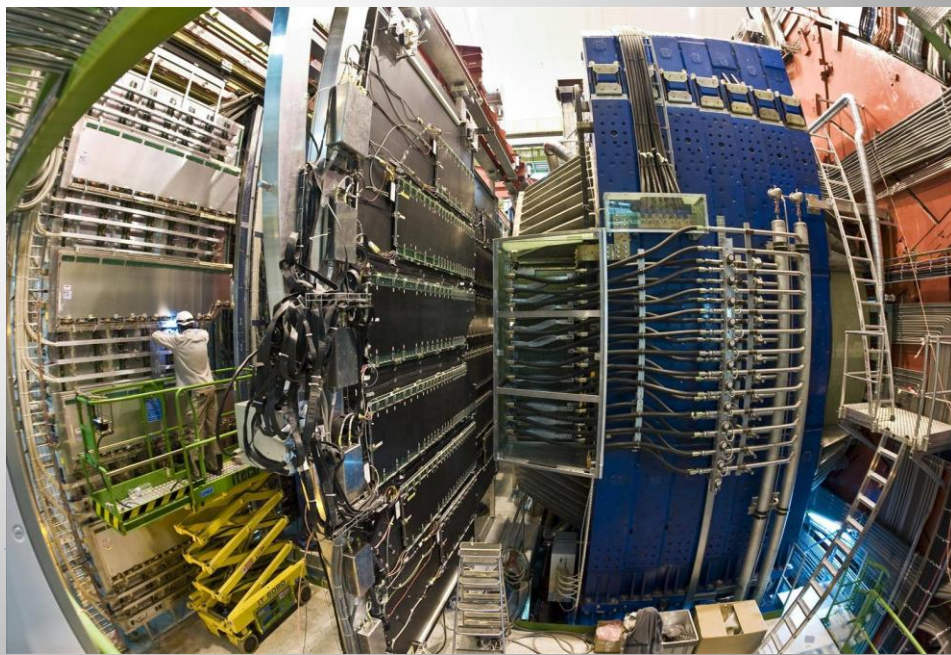
Krajiny: >37



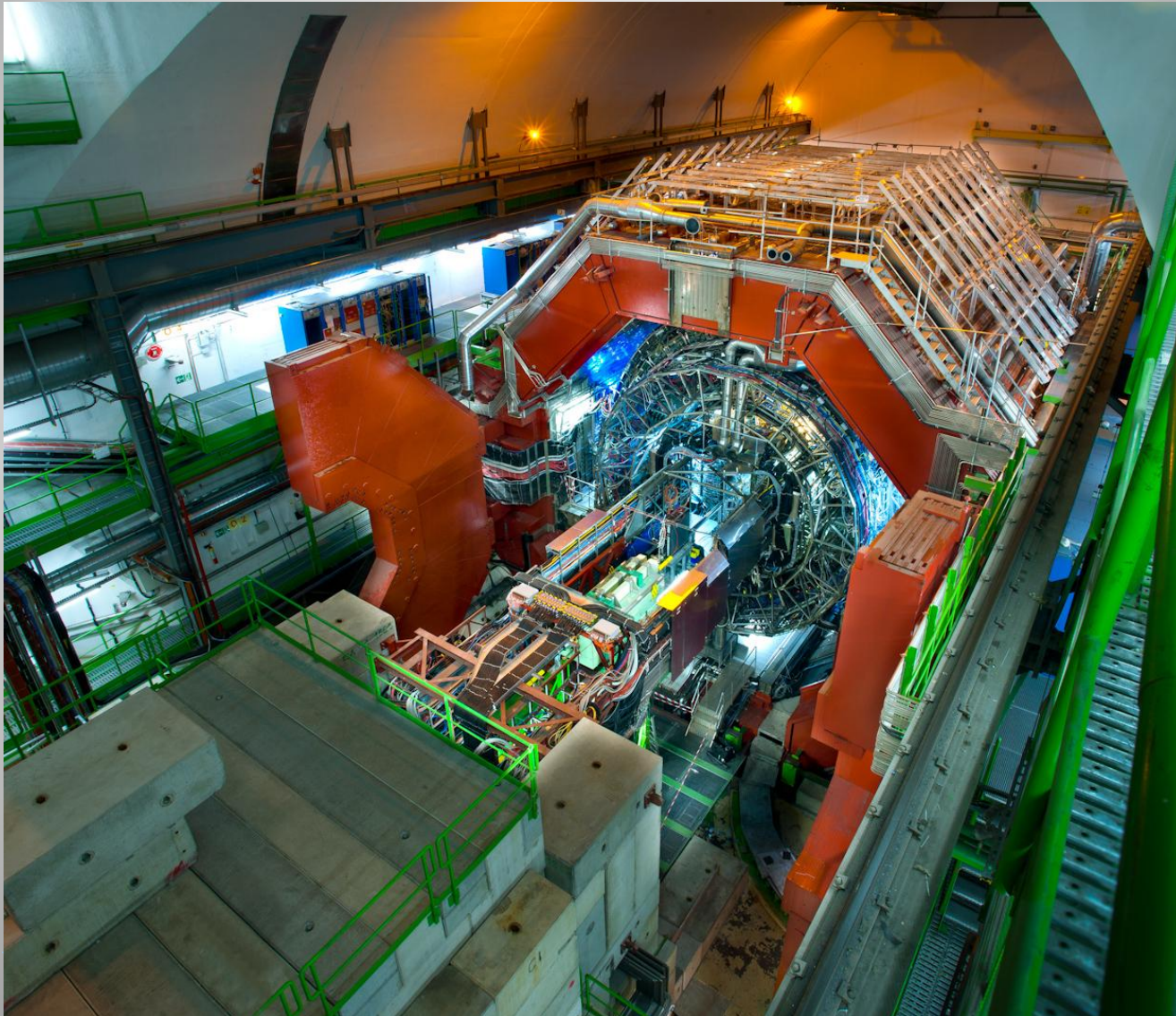
ALICE – Heavy ion experiment at LHC



Pb+Pb @ $\sqrt{s}$ = 2.76 ATeV
2010-11-08 11:30:46
Fill : 1482
Run : 137124
Event : 0x00000000D3BBE693

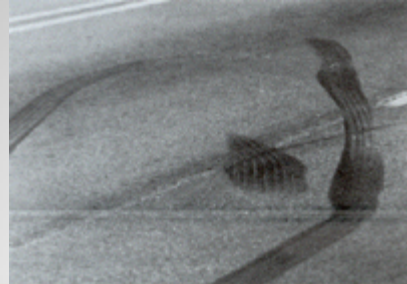


ALICE – Heavy ion experiment at LHC



Ako vidíme častice, ktoré majú často
bodové rozmery?

Pri vyšetrovaní nehody často vidíme len jej dôsledok



Detekcia častíc vychádza z podobných myšlienok

Častice po prechode látkou zanechávajú stopy, ktoré šikovým spôsobom premeníme na ľahko spracovateľný (elektrický) signál.

V typickom experimente sa na detekciu častíc využívajú rôzne technológie



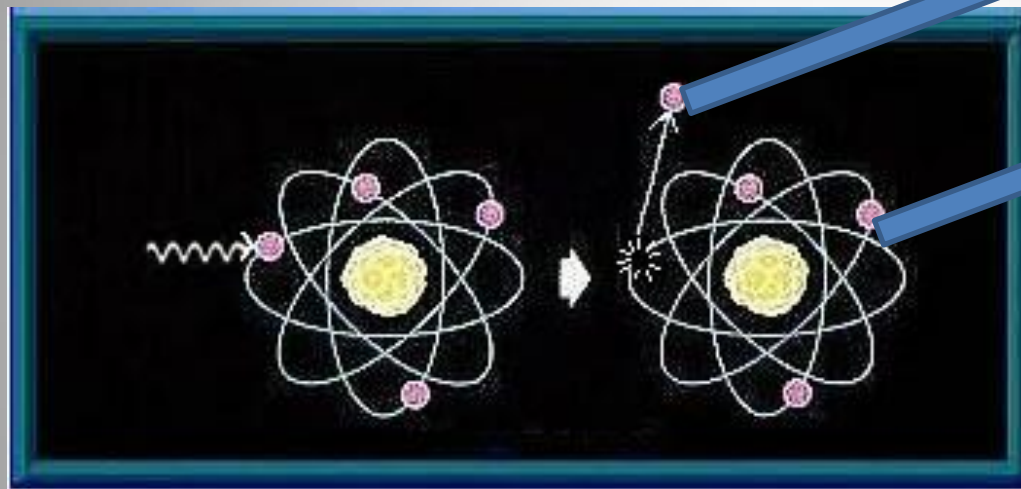
... a ap
vozidl

... dokážeme zistiť príčinu



Ionizácia – odtrhnutie elektrónu z atómu

- Ak dodáme elektrónu energiu, môže sa uvoľniť a zanechať po sebe kladne nabitý ión

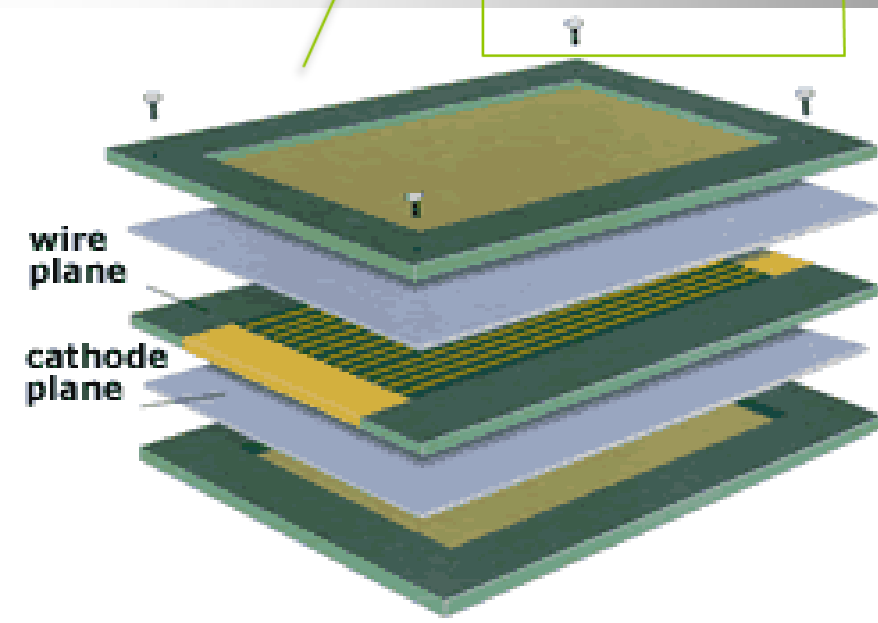
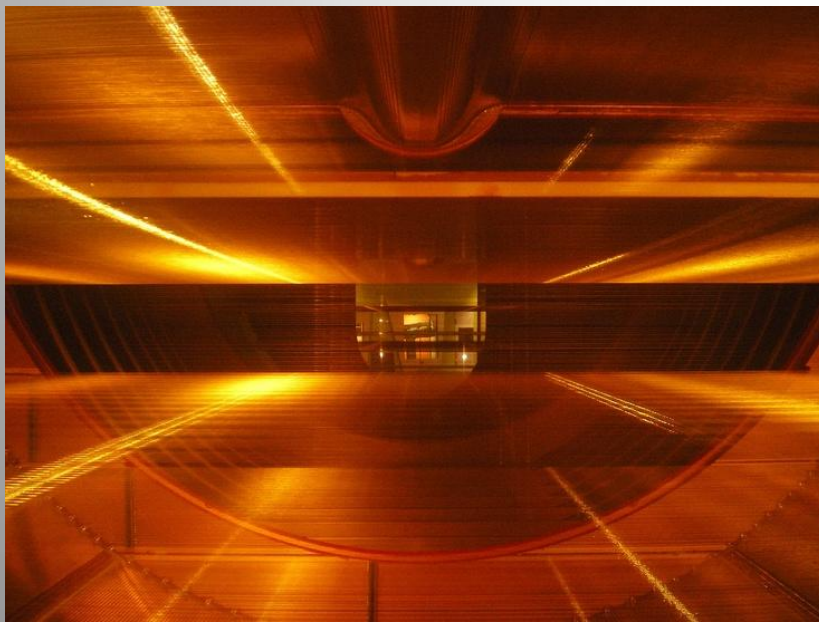
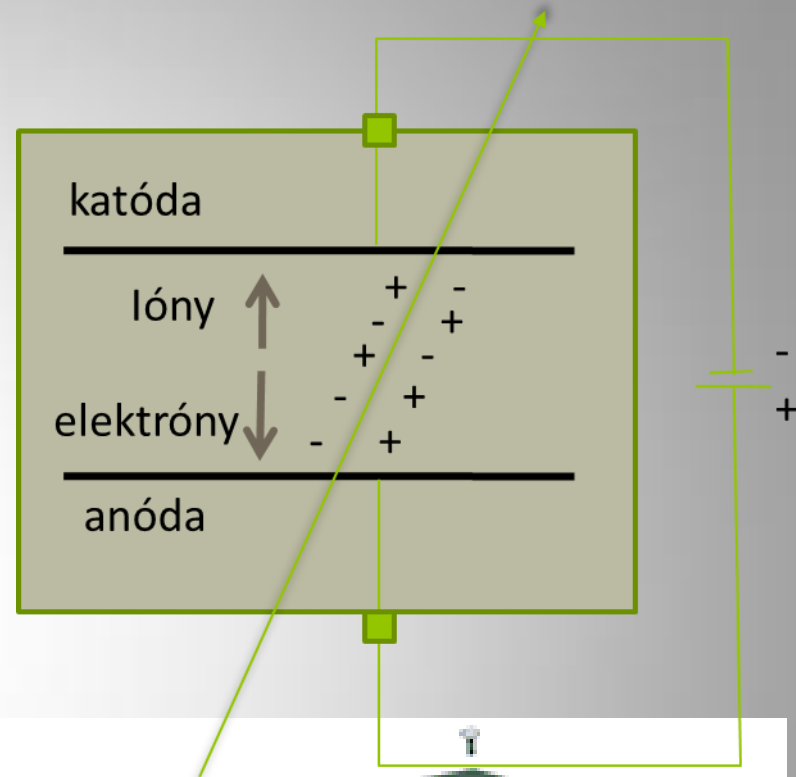


- Pri prechode nabitej častice plynným prostredím dochádza k ionizácii pozdĺž jej dráhy
 - Elektróny a kladne nabité ióny tvoria základné komponenty detekovaného signálu

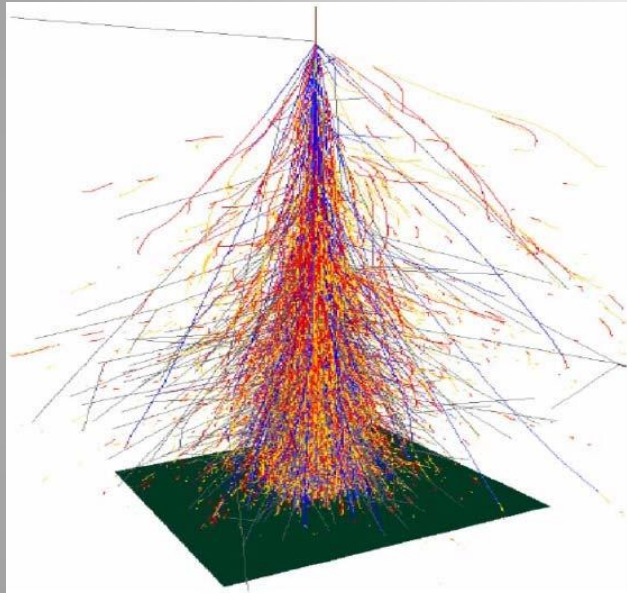


S využitím plynu...

- Častica prelietavajúca plynom vytvára ionizáciu
- Elektróny driftujú k anóde, ióny ku katóde
- Ak nahradíme katódu vláknami, vieme merať miesto dopadu elektrónov a tým aj polohu pôvodnej častice

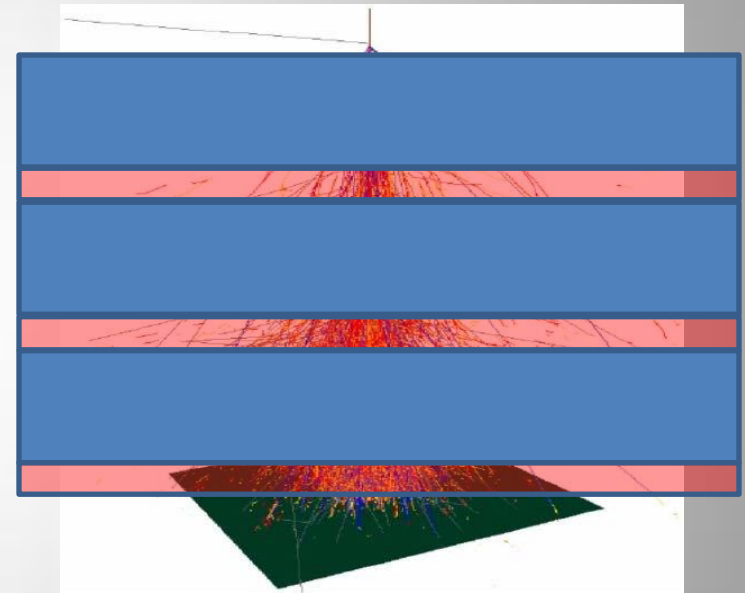


Kombináciou materiálu , napríklad scintilátorov a prekážok.... (Elektromagnetický kalorimeter)

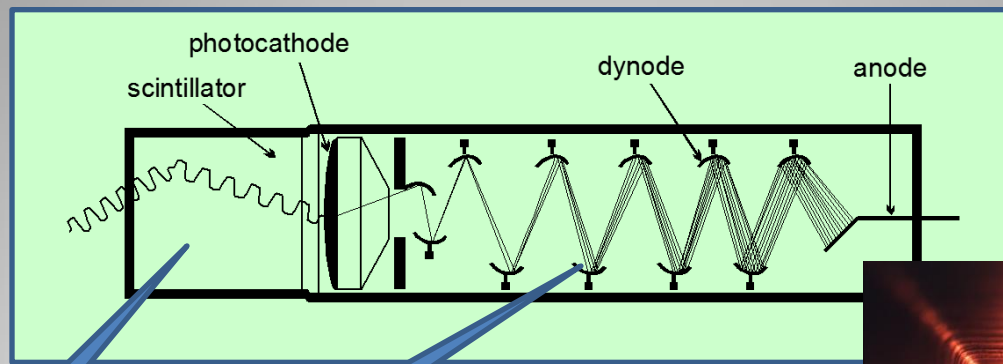


Terč

scintilátor



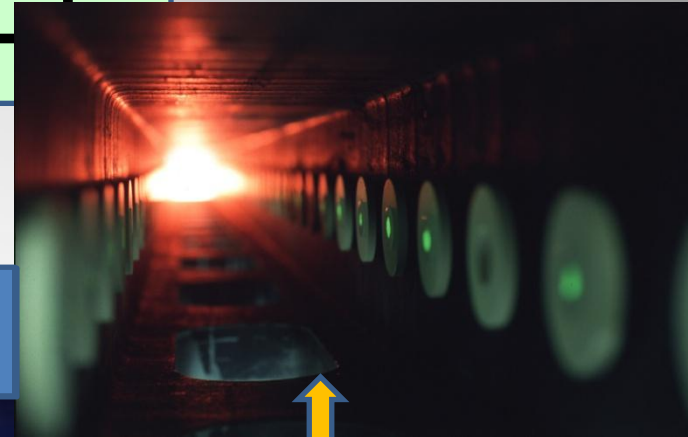
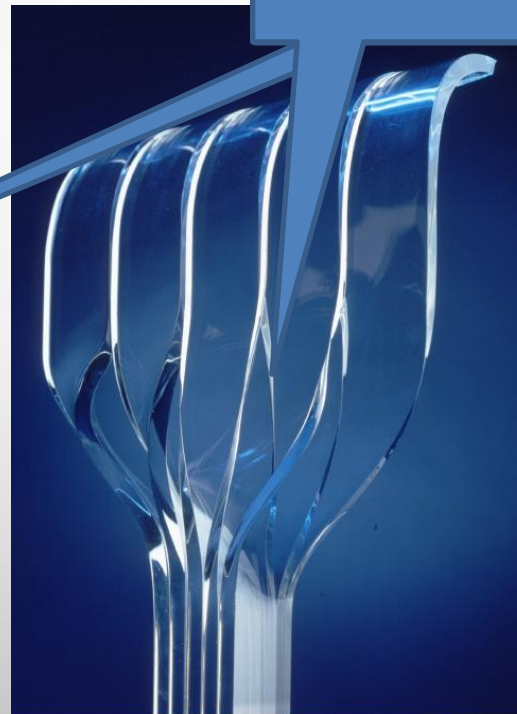
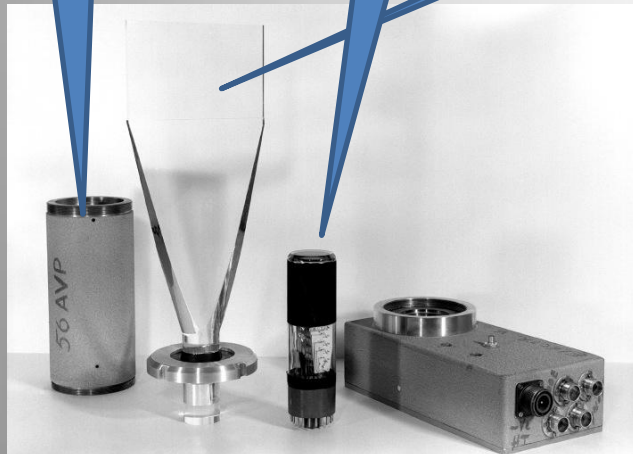
- Častica prechádzajúca materiálom vytvára spršku sekundárnych častíc
- V terči sa sprška rozvíja
- Scintilátor registruje prelietavajúce častice ako záblesky svetla



Fotonásobič
(zariadenie na
konverziu fotónov
na elektróny)

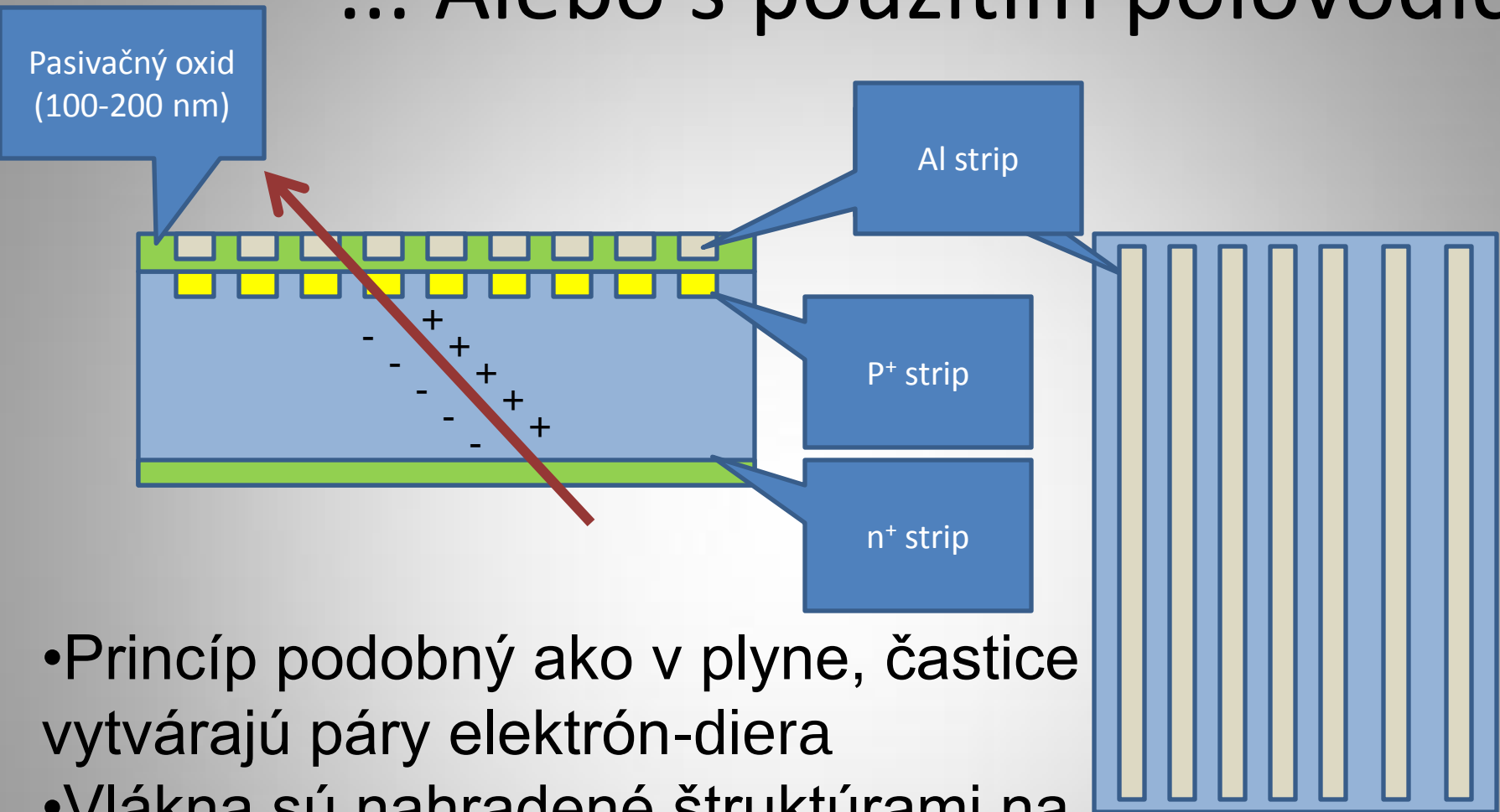
scintilátor

svetlovod



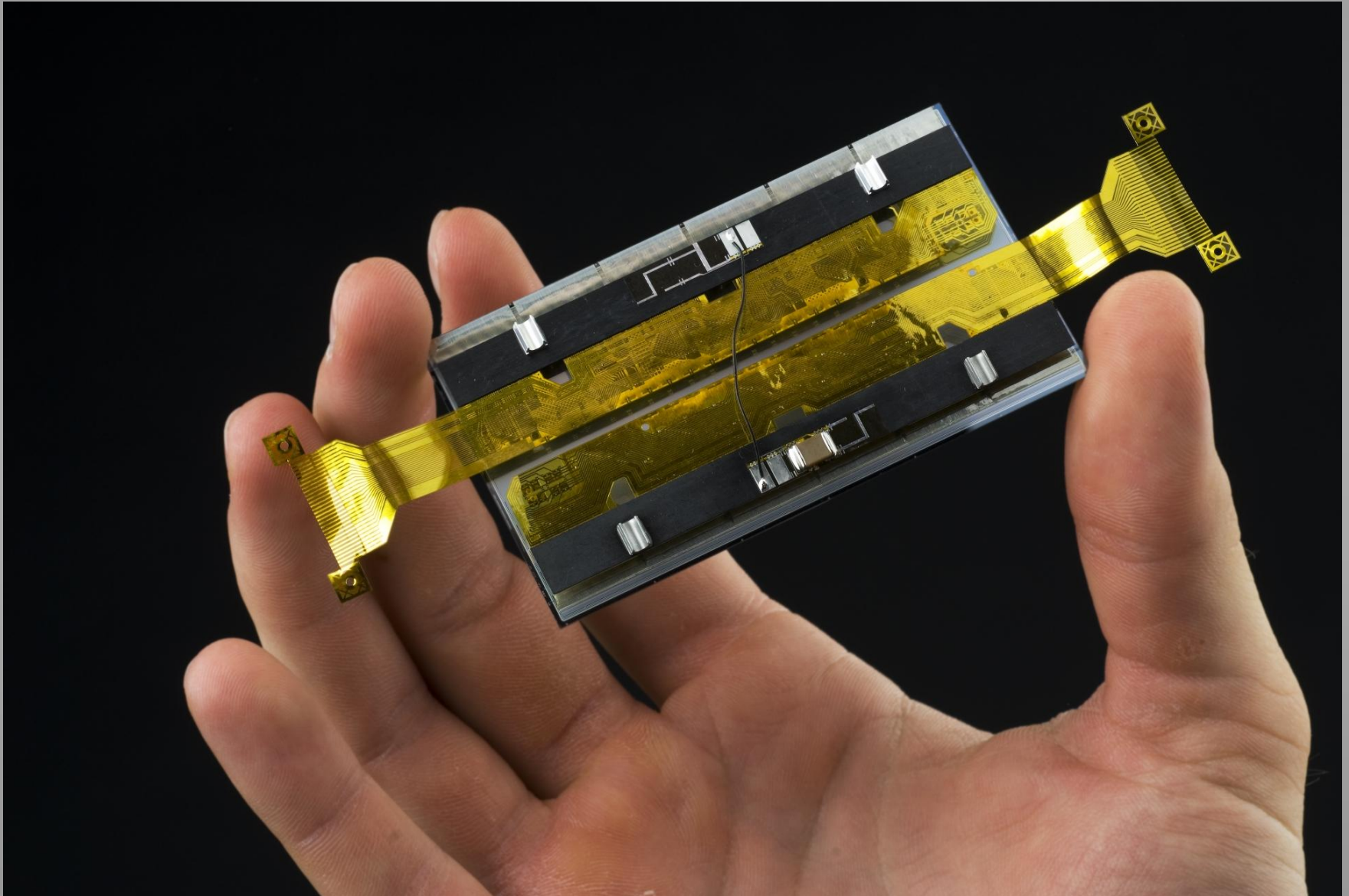
ATLAS
Modul scintilačného
kalorimetra

... Alebo s použitím polovodičov

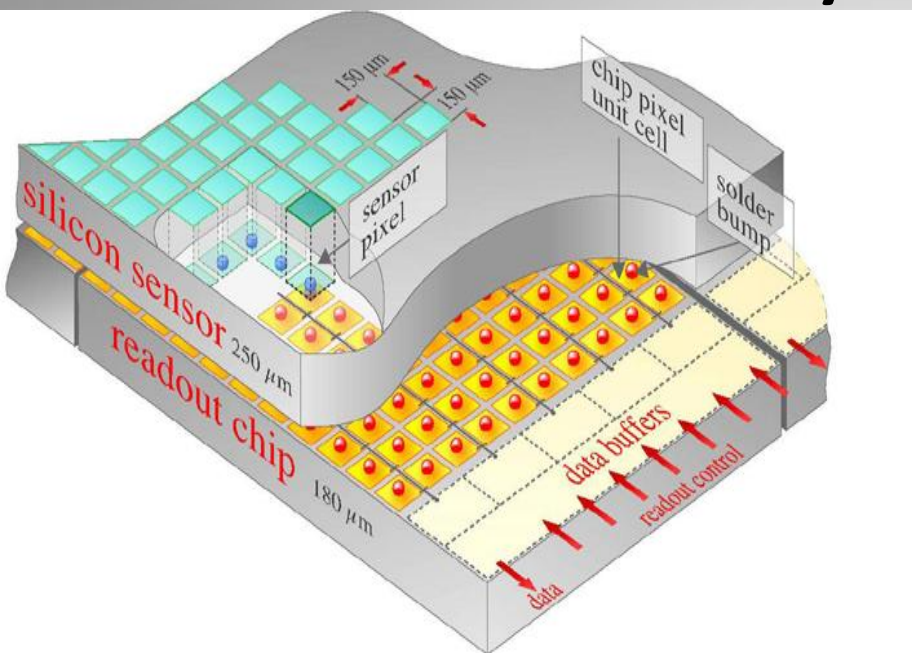


- Princíp podobný ako v plyne, častice vytvárajú páry elektrón-diera
- Vlákna sú nahradené štruktúrami na povrchu polovodiča (stripy, pixle...)

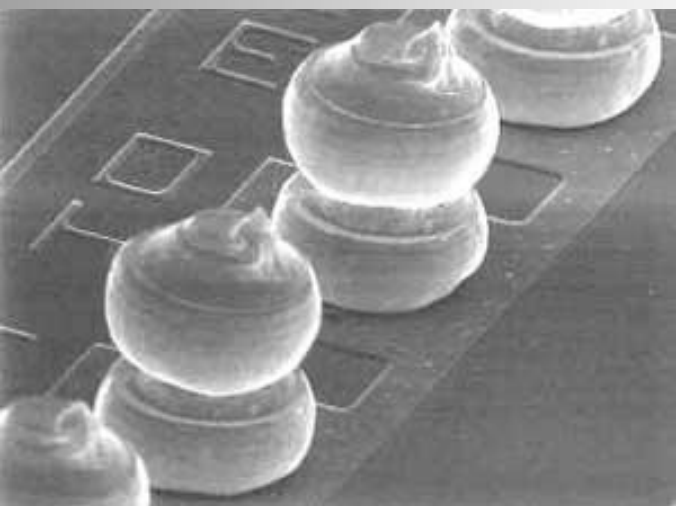
Modul stripového detektora pre ALICE



Pixlový detektor



- Elektródy v tvare malých plôšok, poskytujú priamo dvojrozmernú informáciu
- Prepojenie pixlu s elektronikou sa realizuje prostredníctvom mikro gulôčiek (bumps) s priemerom niekoľko mikrometrov
- Moderné detektory majú elektroniku integrovanú priamo v pixloch



Pixlový čip
pre ALICE

8192 pixlov!

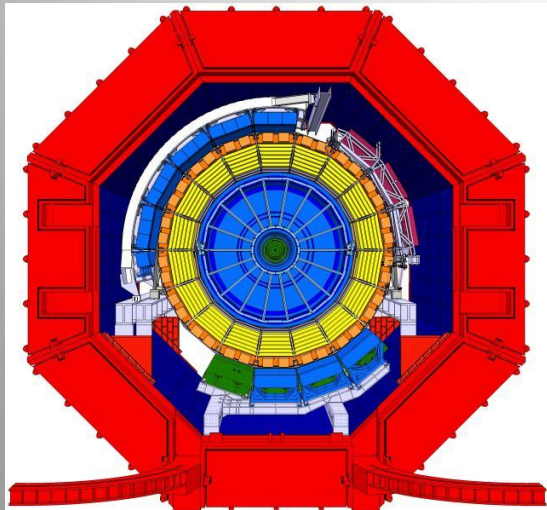
Detekčné techniky sa kombinujú, aby
sme získali čo najpresnejšie údaje o
polohe, type a hybnosti častíc

...ten umí to a ta zas tohle
a všetni dohromady uděláme moc...

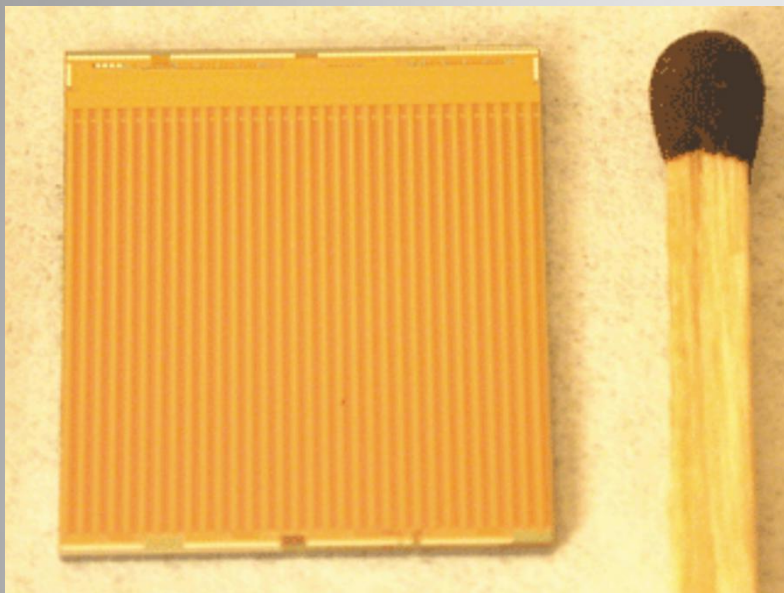


Experiment sa skladá zo sub-detektorov

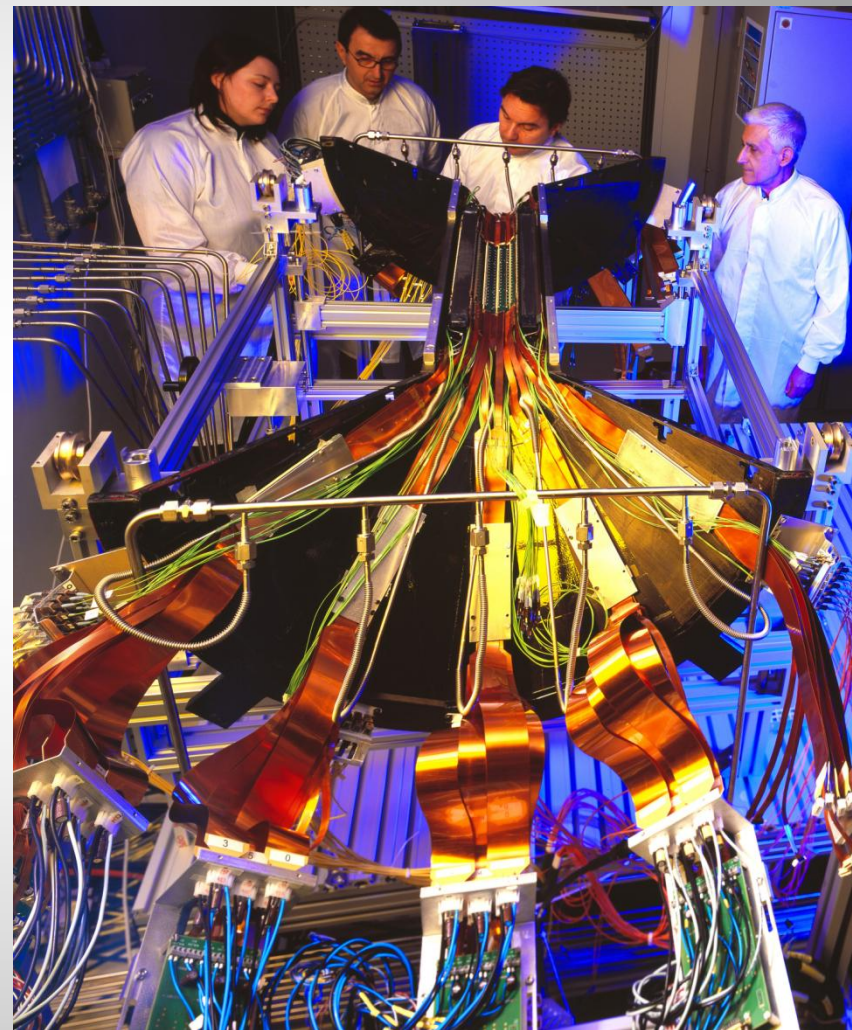
- Každý má svoju úlohu (meranie polohy, energie, typu častice...)
- Výsledná informácia sa poskladá z čiastkových údajov



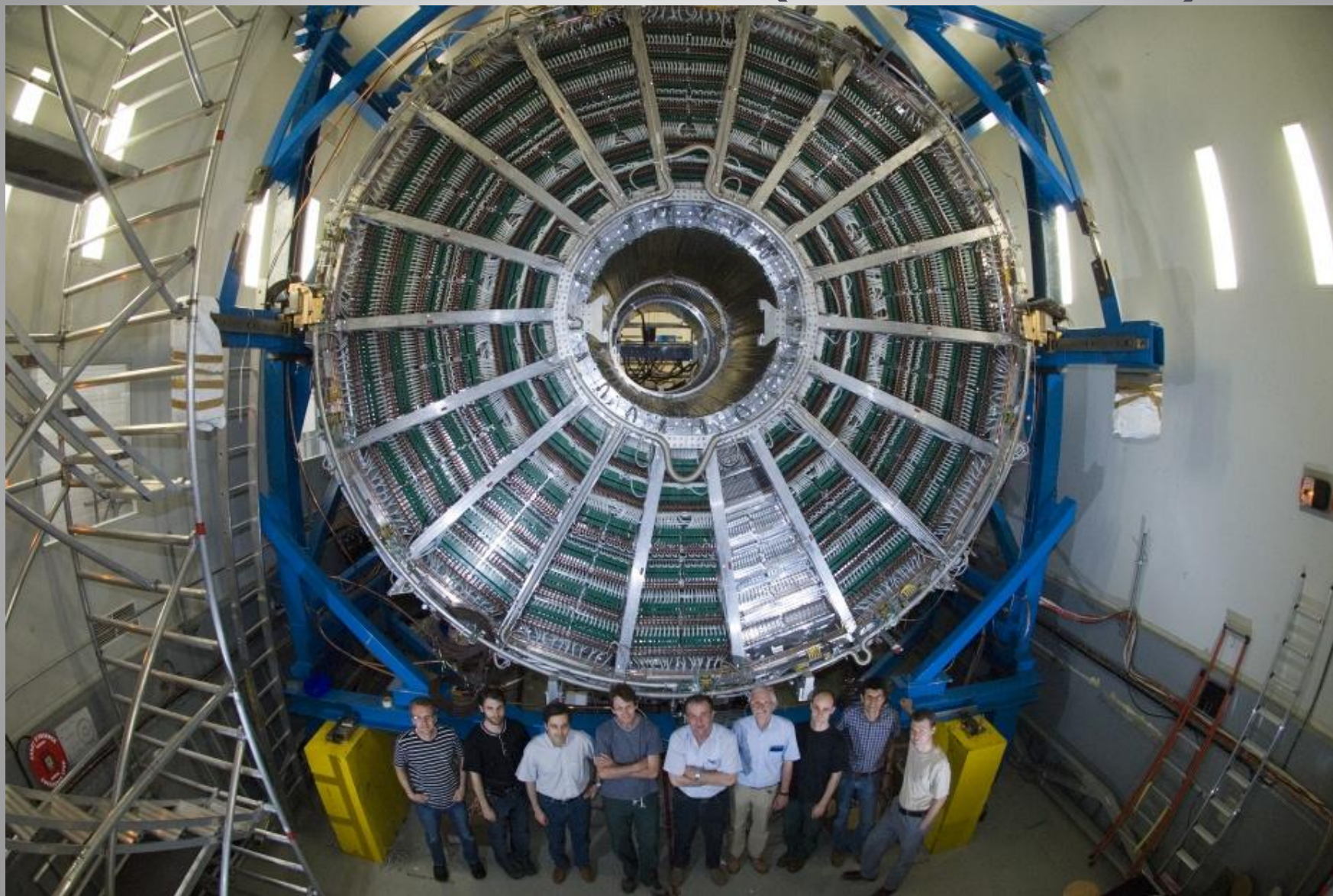
... od malých ...



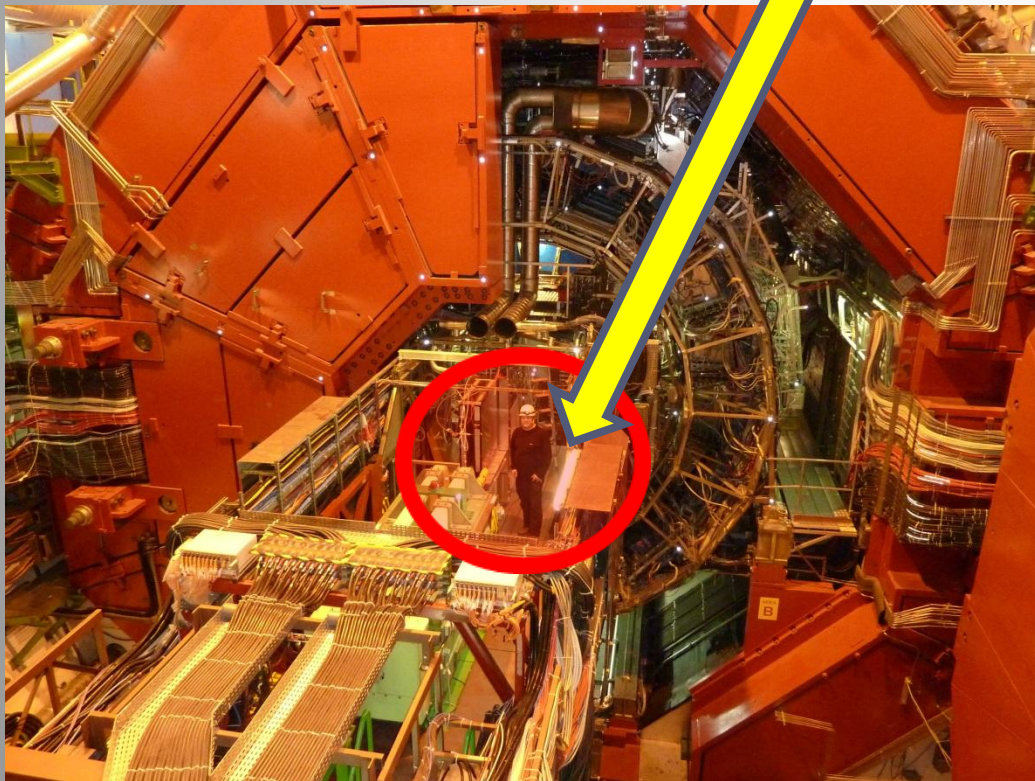
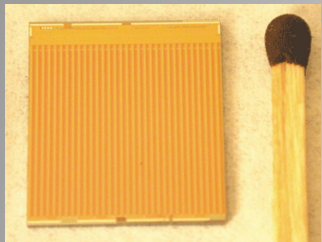
Pixlový detektor ALICE
1200 čipov
10 000 000 pixlov
50 miliónov konfiguračných parametrov



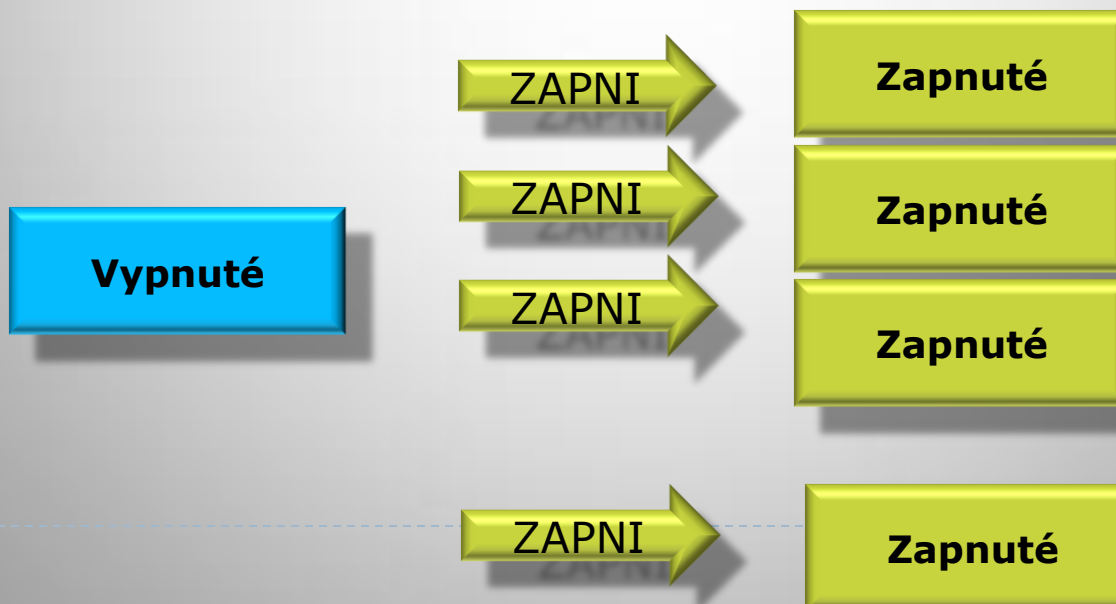
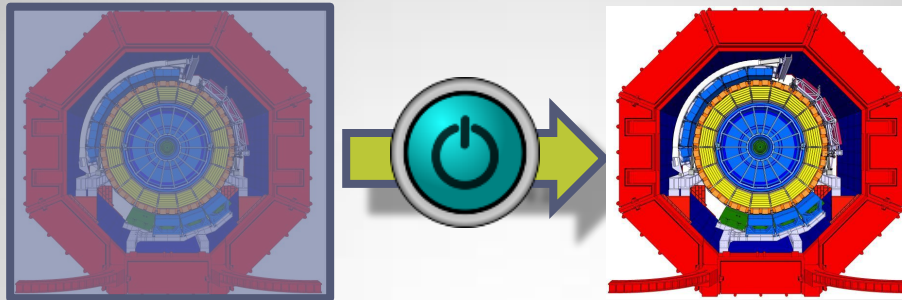
... cez väčšie ... (TPC ALICE)



... až po ALICE

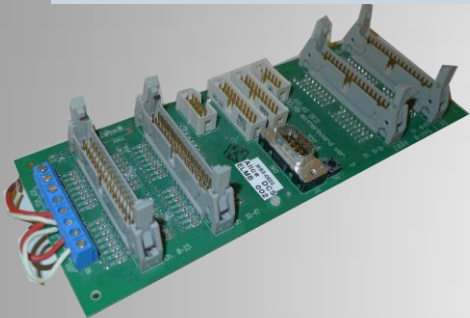


Takže zapnutie sa nám komplikuje



A čo to zapíname?





- **Magnety**
- **Napájacie zdroje**
- **Chladiace systémy**
- **Senzory (teplota, tlak, radiácia)**
- **Logické kontroléry...**



- Elektronika pre spracovanie dát
 - Detekčné moduly
 - Riadiace obvody
-
- So všetkými komunikujeme cez rozličné dátové zbernice



CAN

ETHERNET

EASYNET

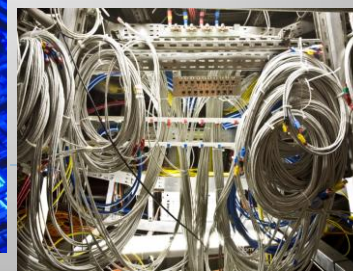
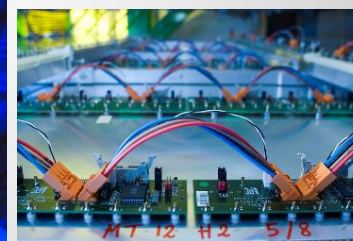
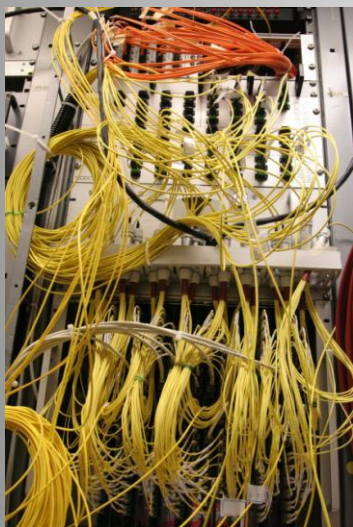
VME

JTAG

RS 232

PROFIBUS

**Custom
links...**

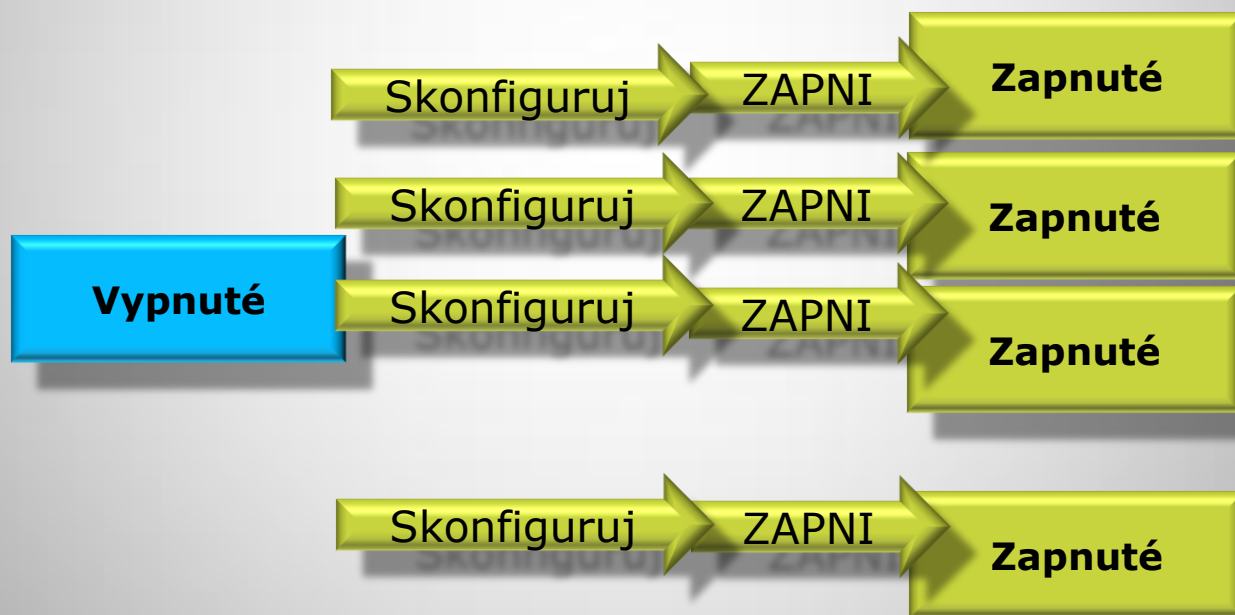
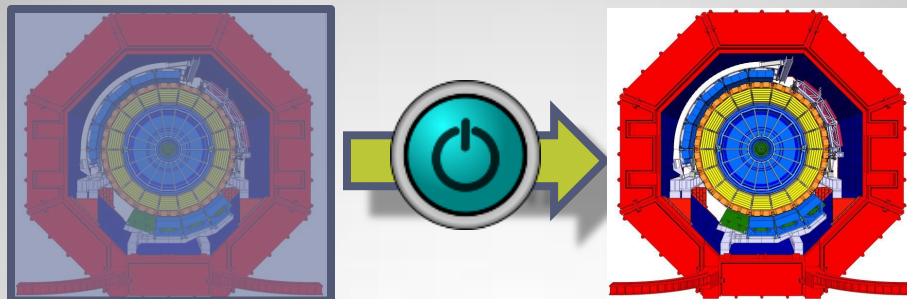


-
- ▶ Súčasné zariadenia sú natoľko inteligentné, že kým do nich nenahráme konfiguračné dáta, nevedia ani ako sa zapnúť

-
- ▶ Súčasné zariadenia sú natoľko inteligentné, že kým do nich nenahráme konfiguračné dáta, nevedia ani ako sa zapnúť
 - ▶ Poznámka pod čiarou:
 - ▶ Pred týmto efektom nás už varovali predchodcovia: Každý nemůže být chytrý," řekl přesvědčivě Švejk, „ti hloupí musejí dělat výjimku, poněvadž kdyby byl každý chytrý, tak by bylo na světě tolik rozumu, že by z toho byl každý druhý člověk úplně blběj.“
-



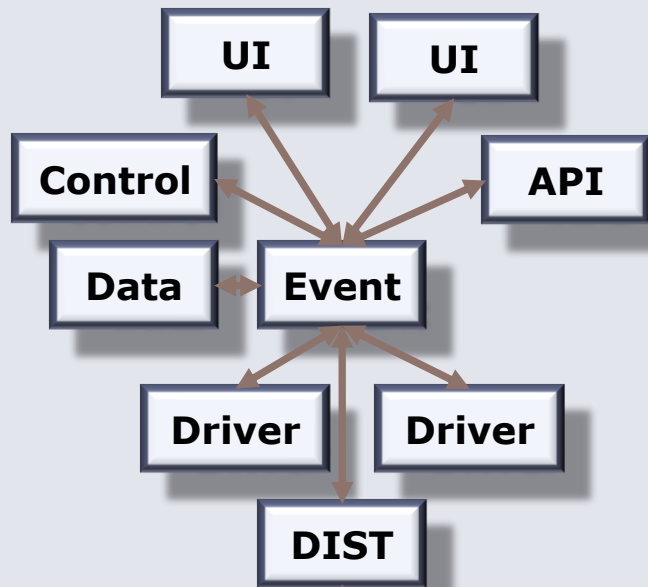
Takže zapnutie sa nám komplikuje



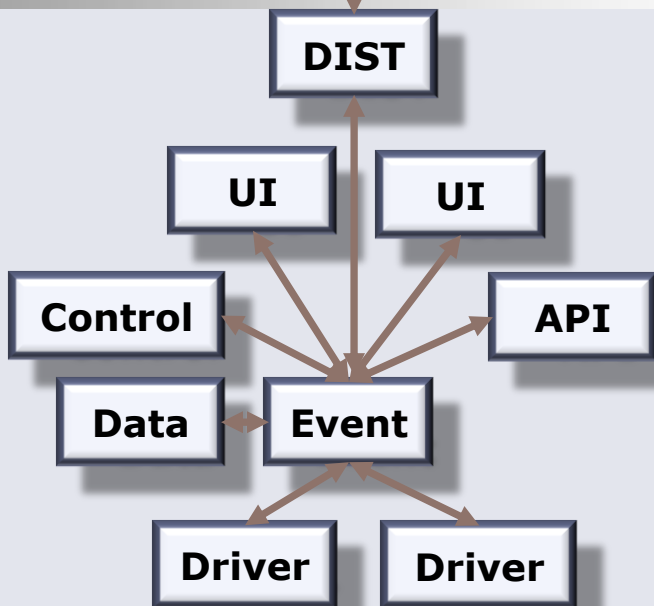
Základná konfigurácia pre ALICE obsahuje > 1GB surových parametrov
Väčšina parametrov sa píše paralelne do viacerých zariadení
Najväčšia časť konfiguračných parametrov sa získava on-line

-
- ▶ A keď už máme čo zapnúť, ako to spravíme?



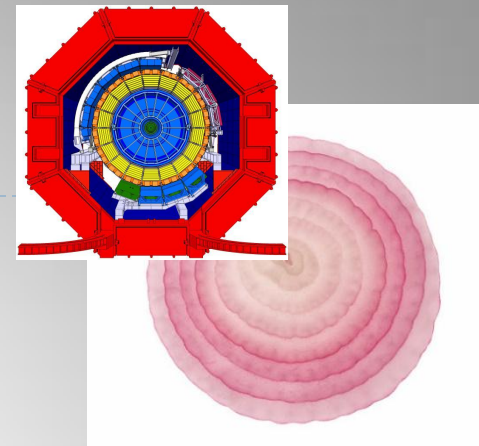
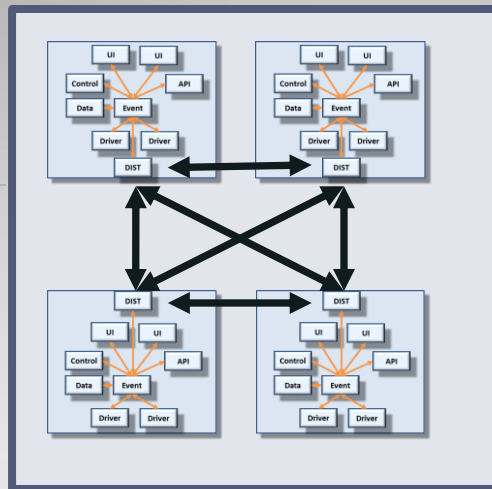
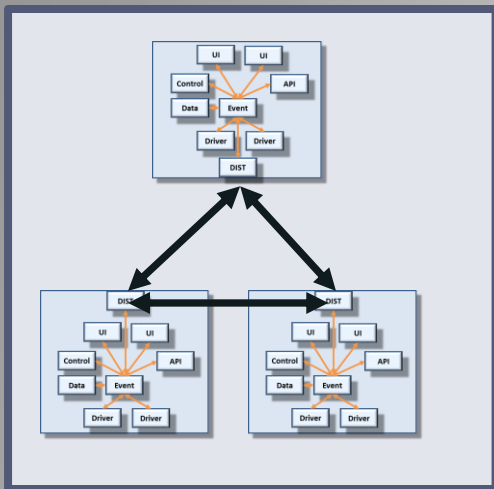


- **Jadro kontrolného systému tvorí SCADA produkt WINCCOA (SIEMENS)**
- **Základný systém sa skladá z manažérov**
 - **Špecializované moduly s presne definovanými úlohami**
- **Viacero WINCCOA systémov je prepojených do jedného distribuovaného systému**

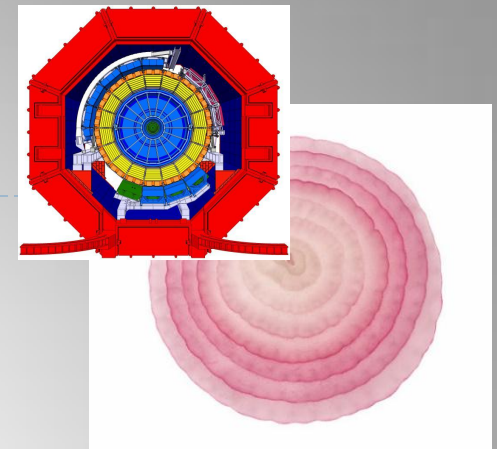
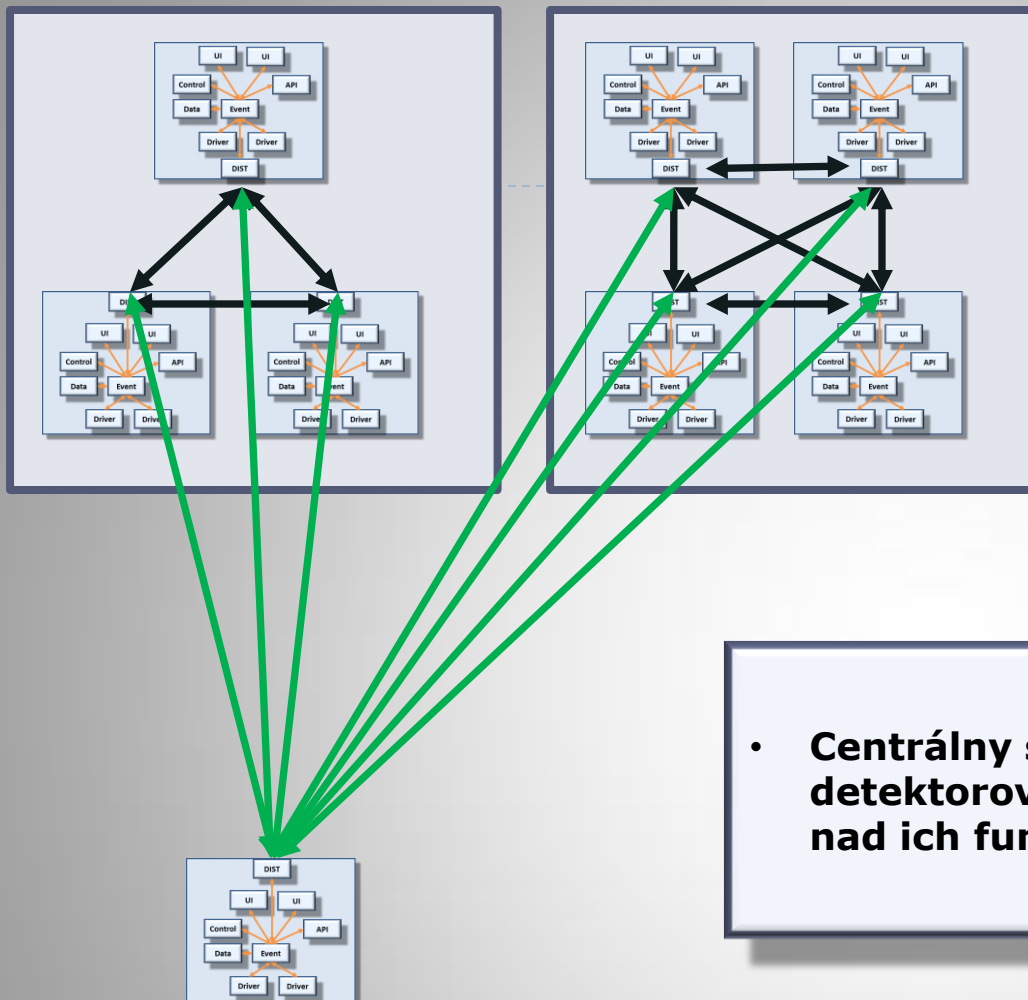


**100 WINCC OA
systémov**

**>3000
manažérov**



- **Pre každý detektor vytvoríme autonómny systém**



- **Centrálny systém je pripojený na všetky detektorové systémy a má plnú kontrolu nad ich fungovaním**

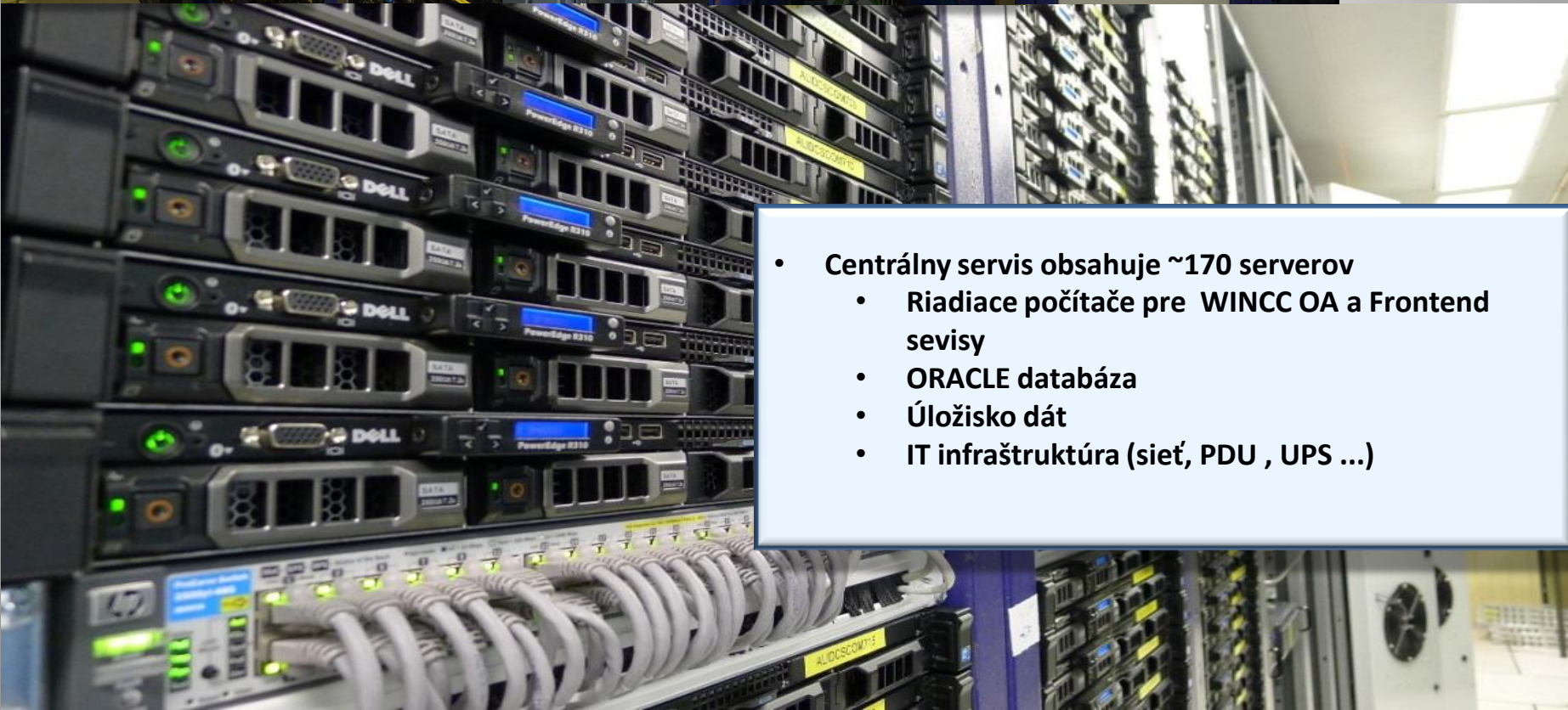


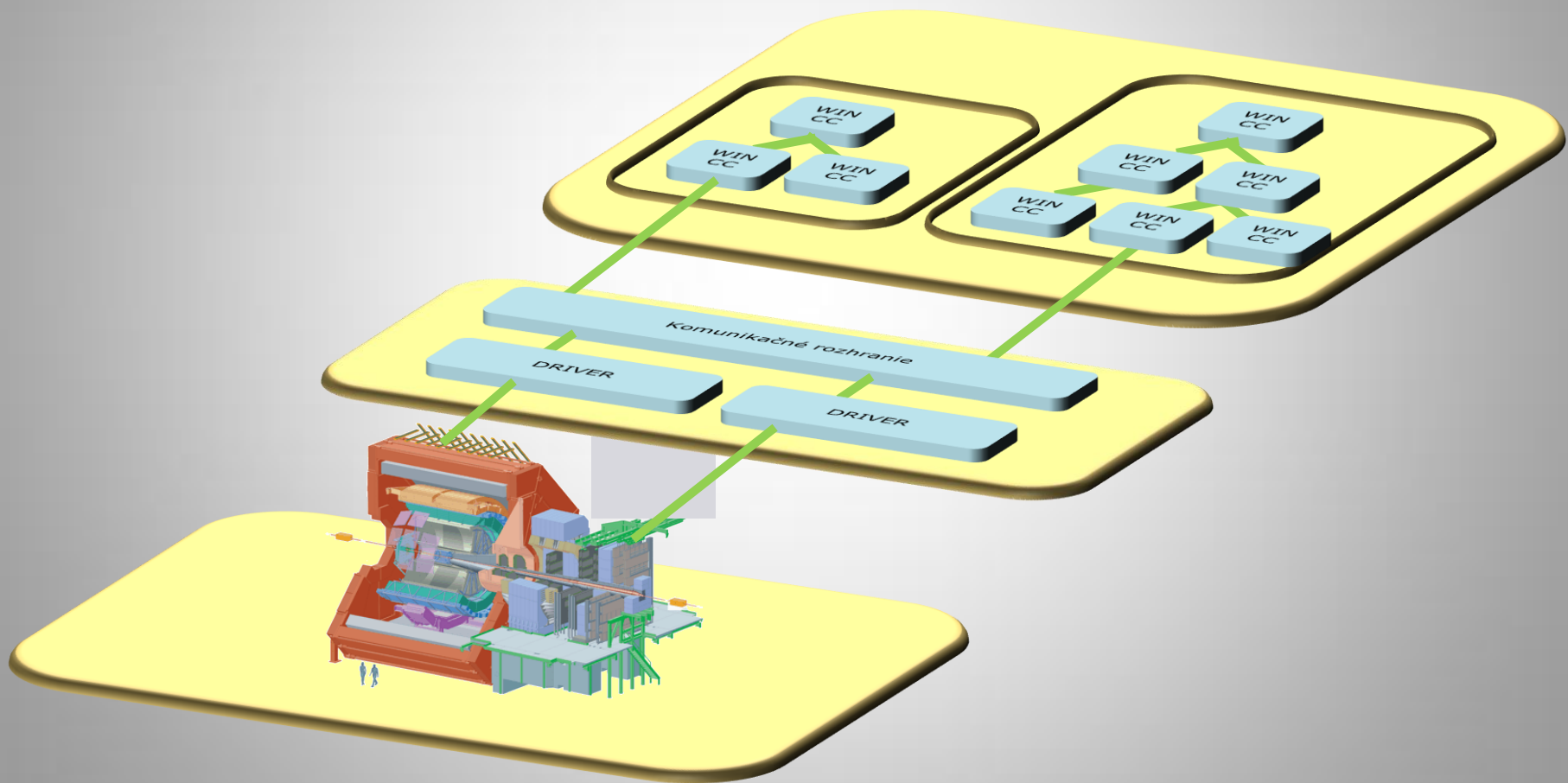
Riadiace počítače

Úložisko dát
120 TB

Centrálna
databáza

ORACLE úložisko:
256 TB

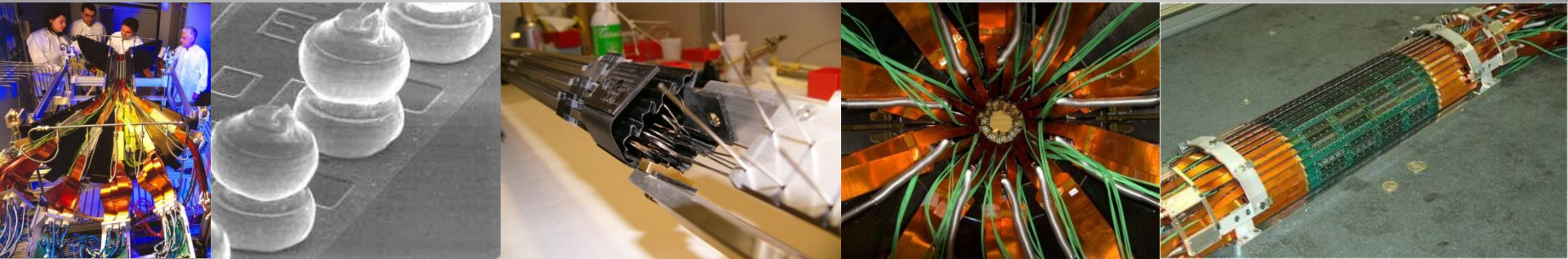
- 
- Centrálny servis obsahuje ~170 serverov
 - Riadiace počítače pre WINCC OA a Frontend sevisy
 - ORACLE databáza
 - Úložisko dát
 - IT infraštruktúra (sieť, PDU , UPS ...)



Hotovo?



ALICE Silicon Pixel Detector (SPD)

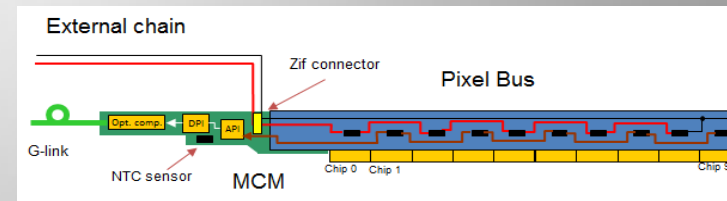
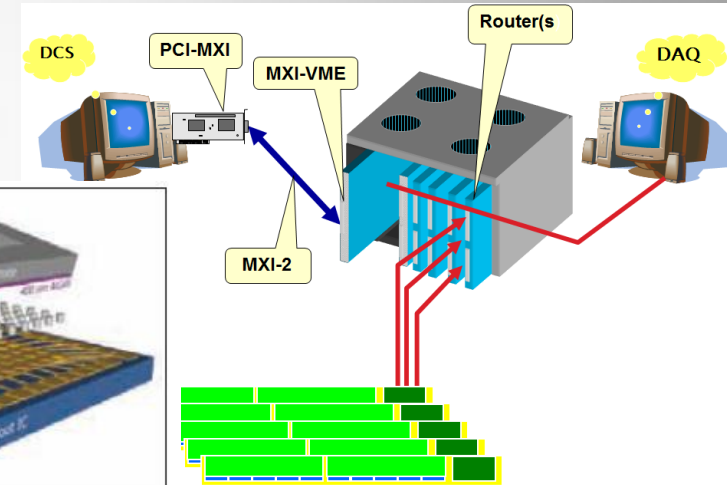
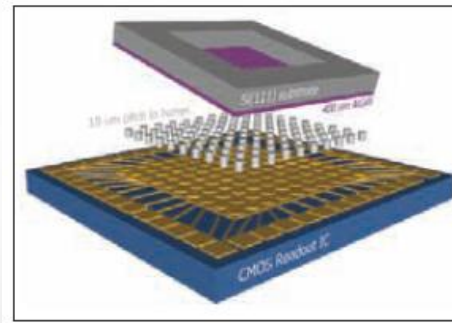


► 2 vrstvy

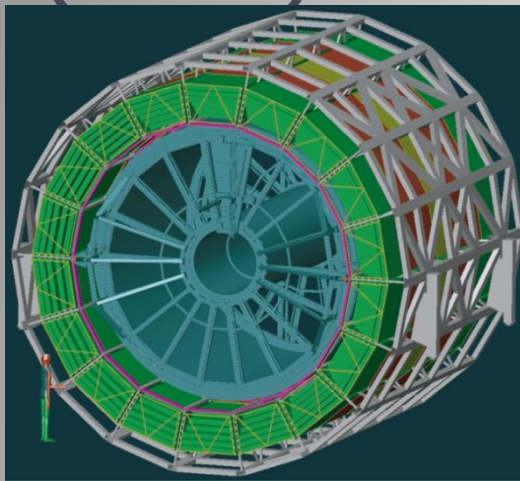
- Vzdialenosť iba 2.5 cm a 7 cm od zväzkov
- 10 000 000 pixlov kontrolovaných 1200 čipmi
Špeciálna technológia pre pripevnenie čipov – bump bonding

► Tepelné straty 1.3kW

- Totálna hrúbka detektora (200+150) μm
- Vzrast teploty 1°C/s v prípade výpadku chladienia
 - Ostáva menej ako 1 minúta na reakciu, ináč dôjde k nezvratnému poškodeniu detektora !



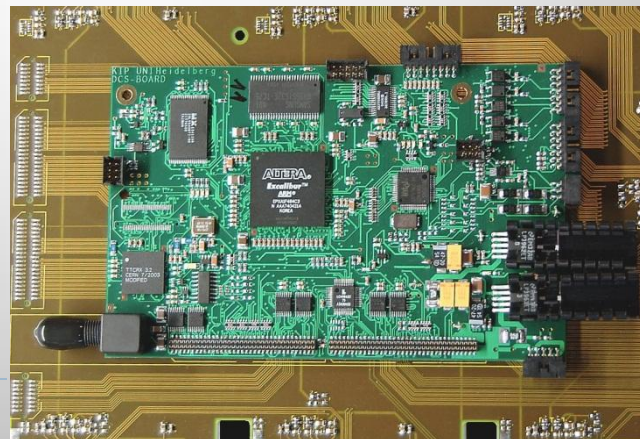
ALICE Transition Radiation Detector (TRD)



1 zo 65000
MCMs

- > 500 komôr, 760 m²
- 28 m³ plynovej zmesi na báze Xe
- 1.2M elektronických kanálov
 - 65000 MCM
 - 17TB/s surových dát
 - 250 000 procesorov
- 89 napájacích zdrojov
 - ~65 kW tepelné straty

DCS control board
(~750 použitých v ALICE)



Čítacie karty



Niektoré atomárne akcie vyžadujú komplexnú logiku:

Niektoré detektory musia byť chladené než zapneme napätia

A*L*E

Iné detektory zmrznú ak nemáme najskôr zapnuté napätie

Neskonfigurované čipy môžu zhorieť ak zapneme napätie

A*L*E

Väčšina čipov sa dá skonfigurovať až po zapnutí



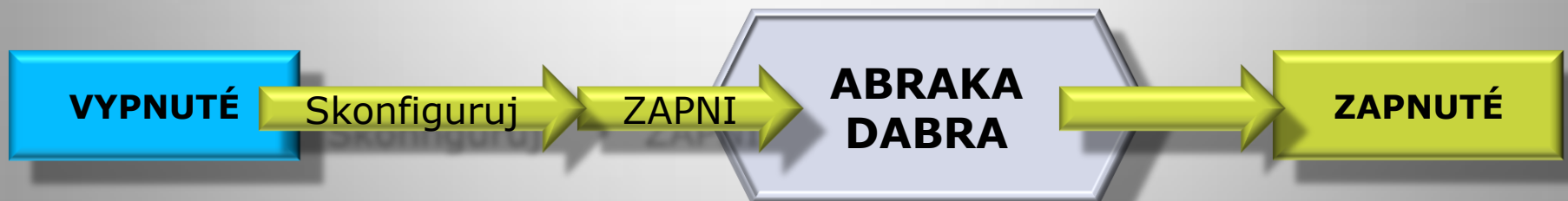
Niektoré atomárne akcie vyžadujú komplexnú logiku:

Niektoré detektory musia byť chladené než zapneme napätia
A*L*E

Iné detektory zmrznú ak nemáme najskôr zapnuté napätie

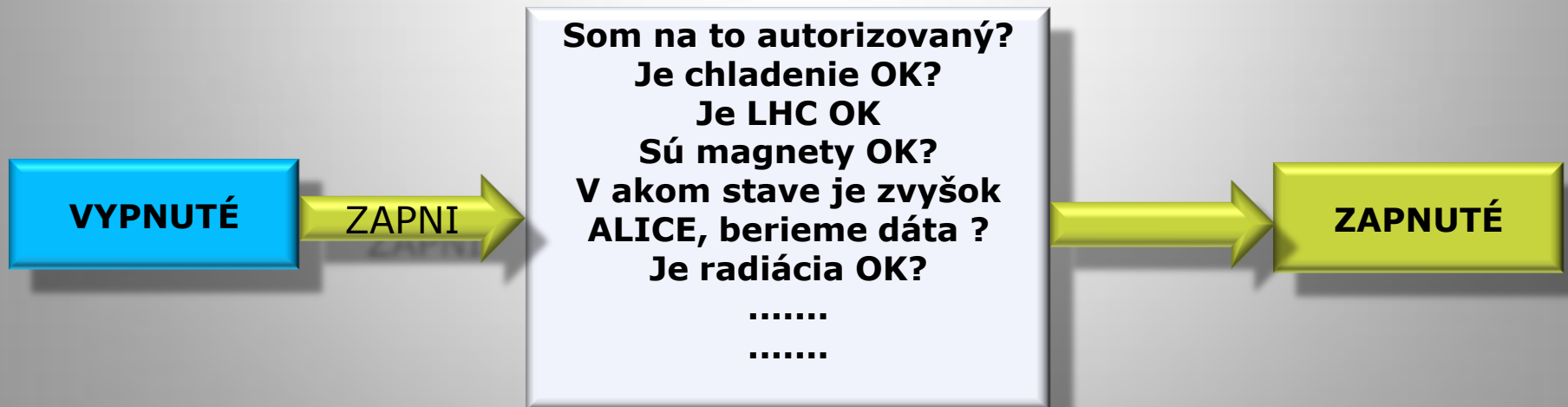
Neskonfigurované čipy môžu zhorieť ak zapneme napätie
A*L*E

Väčšina čipov sa dá skonfigurovať až po zapnutí





**Pôvodne jednoduchý problém sa komplikuje.
Musíme vziať do úvahy odpojené časti a závislosti medzi systémami.**



Ako vie operátor čo treba kedy a
v akom poradí urobiť?

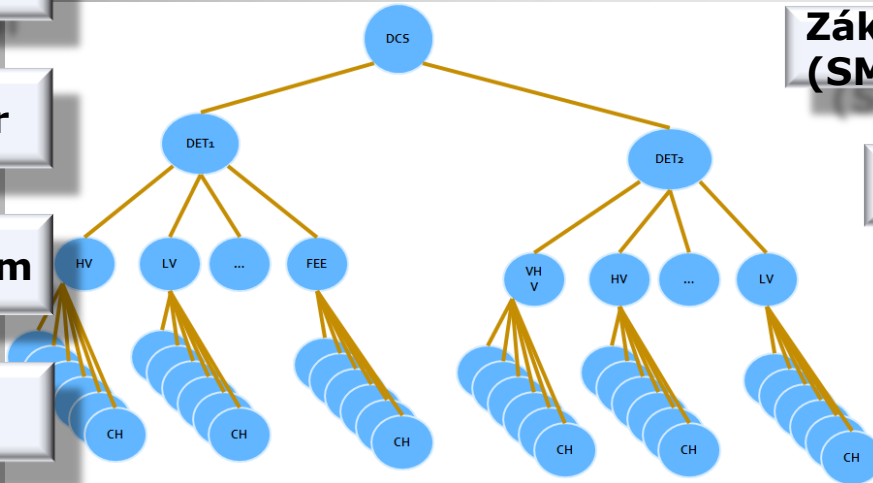


Central
control

Detector

Subsystem

Device

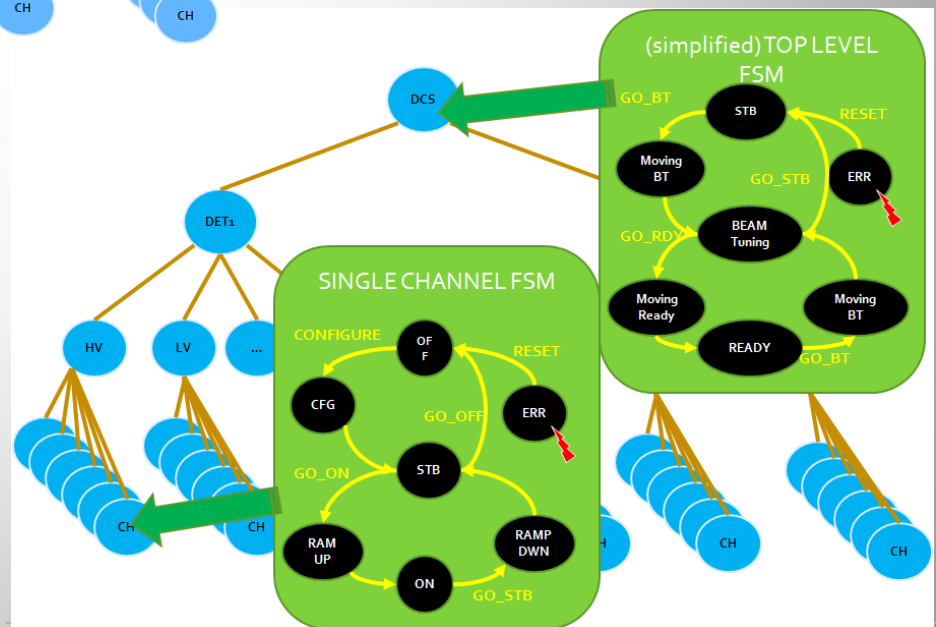


Hierarchický prístup

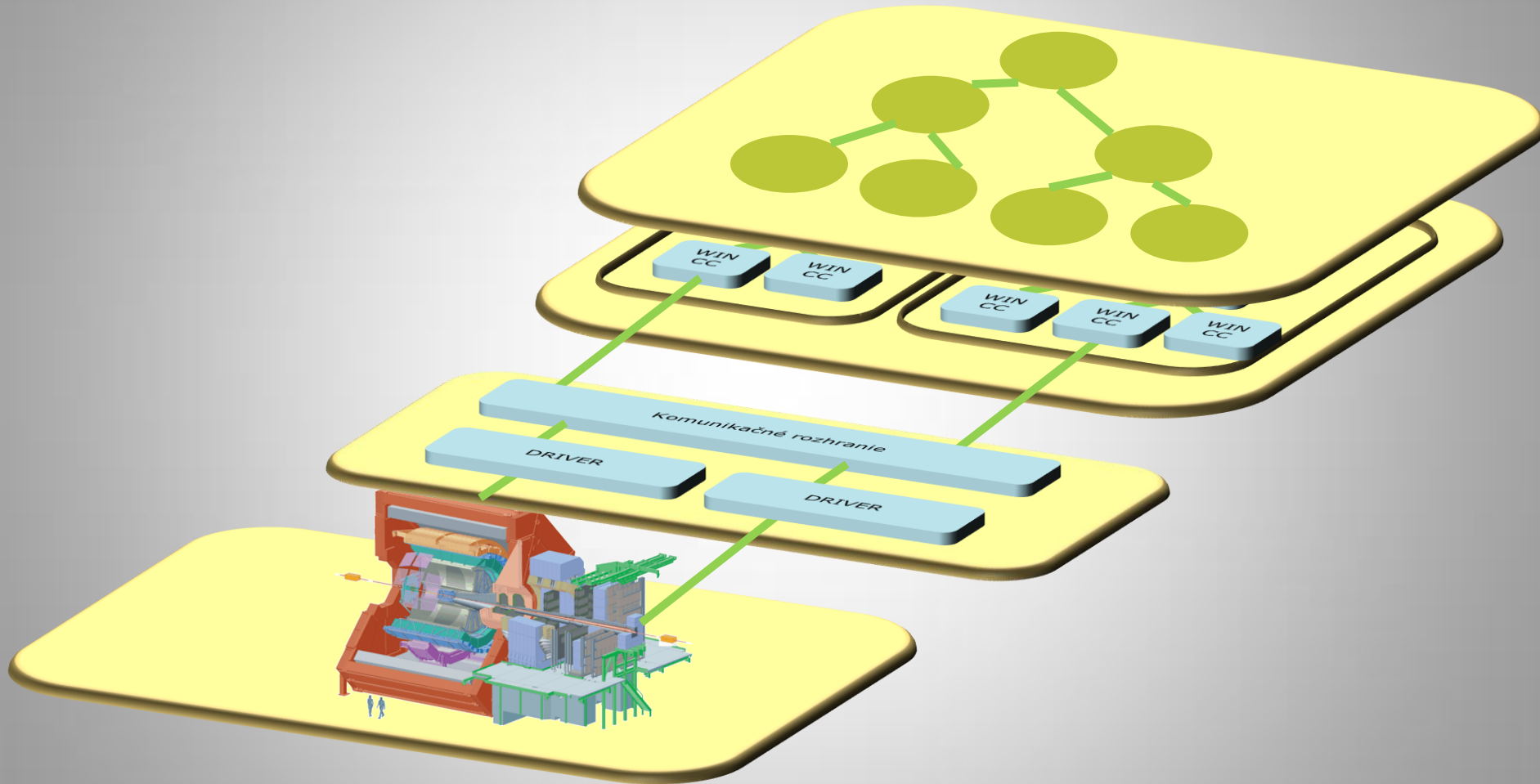
Základom je CERN toolkit
(SMI++)

Každý uzol sa modeluje ako
konečný automat

Model integrovaný s WINCC OA

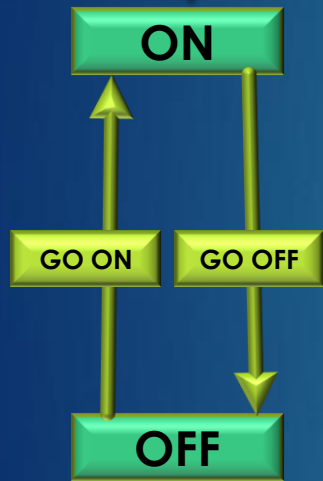


Hierarchický model je nadstavbou nižšej úrovne kontroly



Simplified complexity

- The behavior of controlled objects is modeled as a finite state machine (FSM)
- At the channel level, the logic is simple

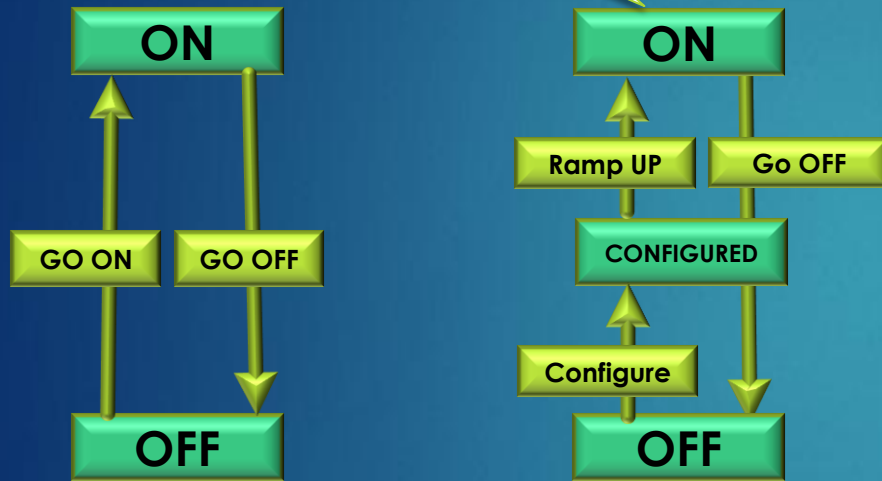


Channel



Simplified complexity

- Devices need to be configured (target values, trip limits...)



Channel



Device



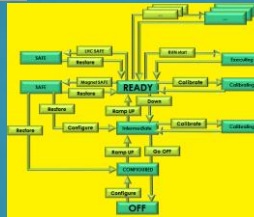
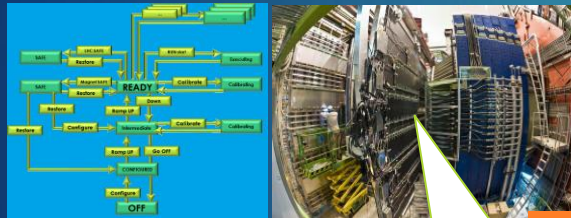
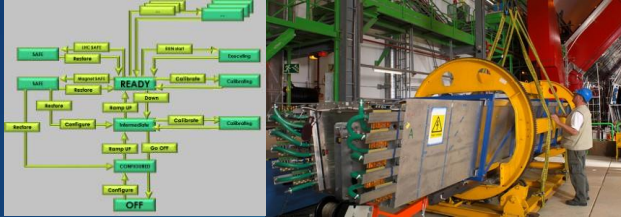
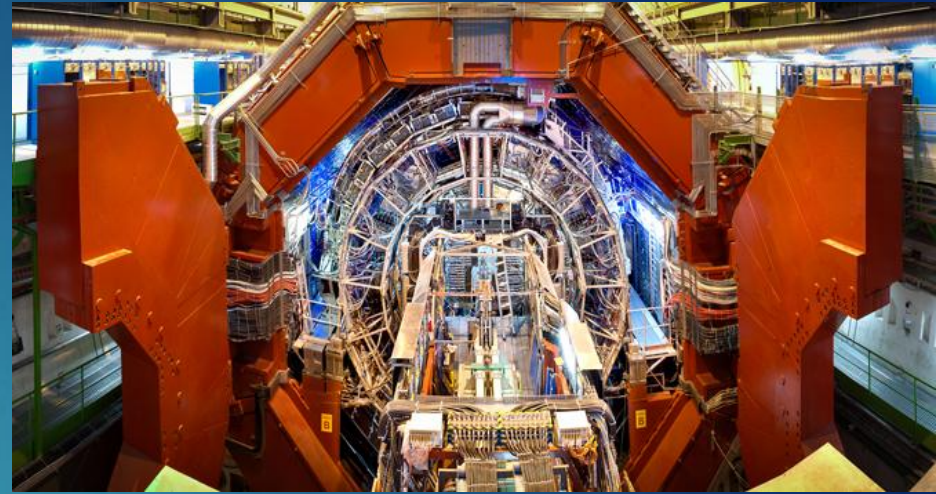
- The detector FSM covers advanced actions related to its operation



Detector



... and finally the experiment ...



Are the magnet settings compatible with datataking?

Are radiation levels within tolerance?

Are safety systems OK?

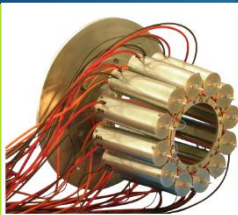
What is the status of LHC?

...

Is the infrastructure OK?

The state of the experiment depends on:

- The state of each subdetector, each having its own control logic
- Internal and external services
- ALICE online and offline systems...



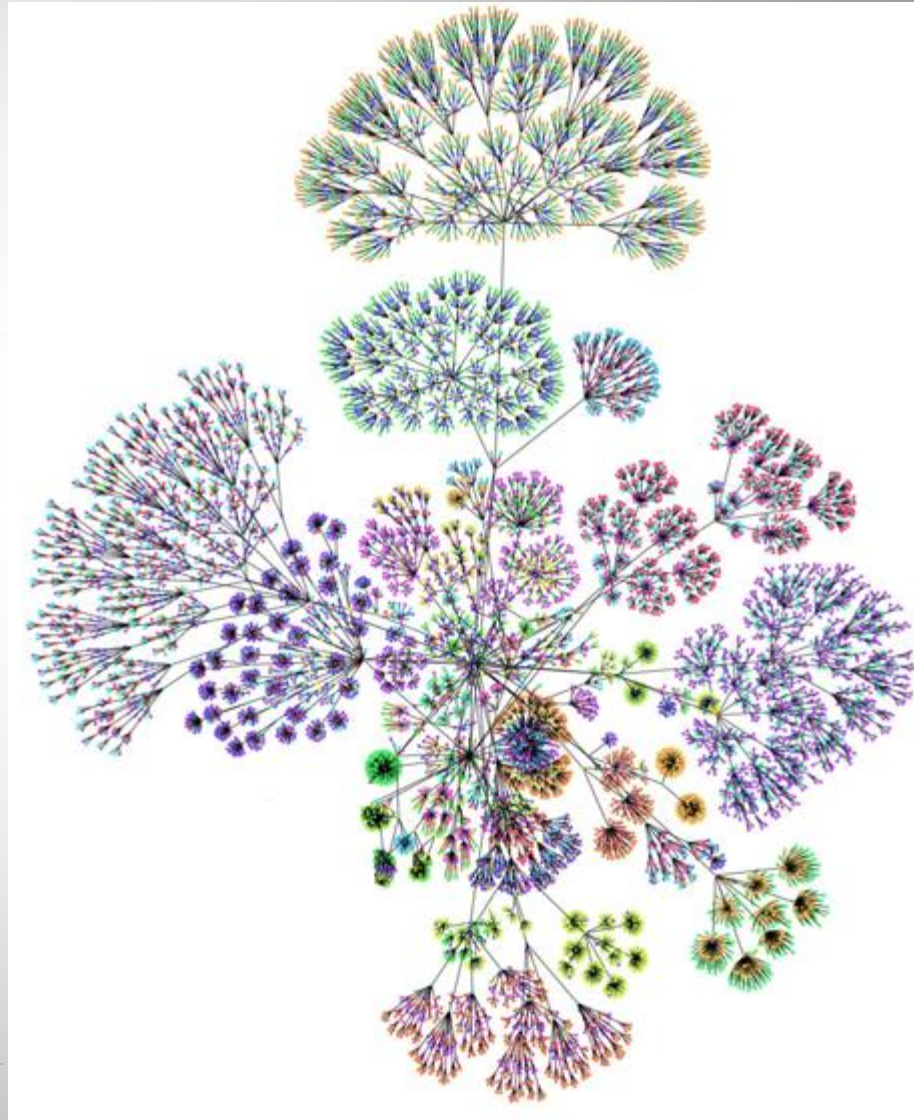
Centrálny strom ALICE

**1 centrálny DCS
uzol**

25 systémov

130 subsystémov

**50000
kontrolovaných
uzlov**

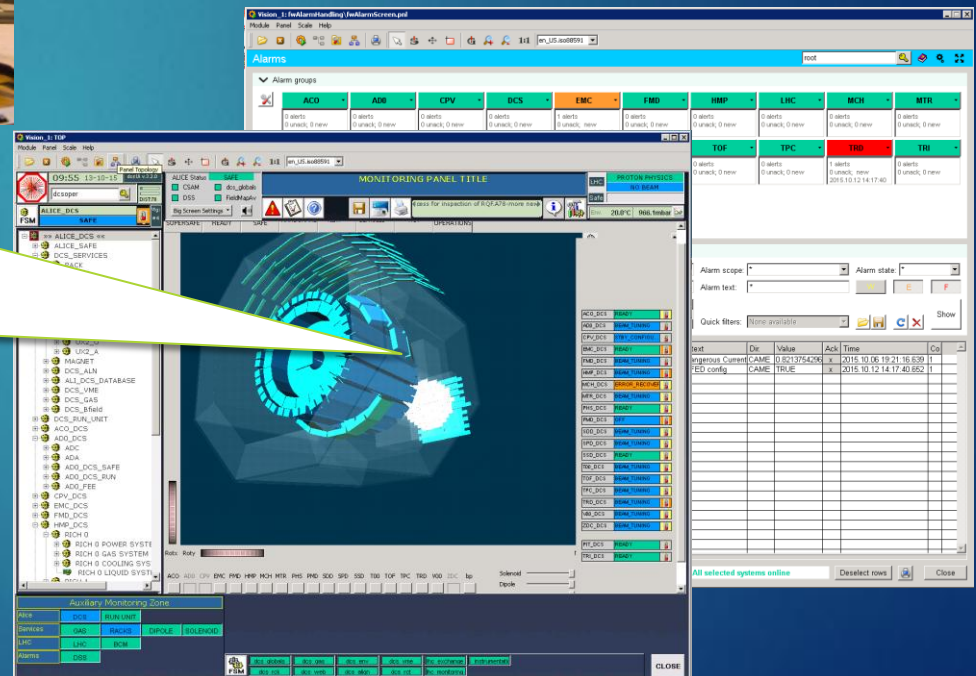


ALICE DCS operation



- The DCS is operated by a single operator
- In 2015 more than 150 operators were trained to ensure the 24/7 operation
 - Most of the operators did not have prior experience with the DCS

- The interface to the DCS is based on set of intuitive graphics interfaces
- From a single screen, the operator can access all controlled parameters



The Alert and Event Screen (AES)

Vision_1: fwAlarmHandling\fwAlarmHandlingGroupsScreen.pnl

Module Panel Scale Help

en_US:iso88591

Aco	Dcs	Emc	Fmd	Hmp	Lhc
1 alerts 1 unack; new 2012/03/08 22:11:37	2 alerts 0 unack; 2 new 2012/03/12 08:12:04	0 alerts 0 unack; 0 new	0 alerts 0 unack; 0 new	2 alerts 2 unack; new 2012/03/12 05:51:27	8 alerts 8 unack; new 2012/03/08 14:37:09
Mch	Mtr	Phs	Pmd	Sdd	Spd
56 alerts 23 unack; 9 new 2012/03/11 04:25:40	0 alerts 0 unack; 0 new	0 alerts 0 unack; 0 new	31 alerts 29 unack; 2 new 2012/03/09 12:11:09	0 alerts 0 unack; 0 new	8 alerts 5 unack; new 2012/03/11 08:16:53
Ssd	T0	Tof	Tpc	Trd	Tri
0 alerts 0 unack; 0 new	0 alerts 0 unack; 0 new	1 alerts 0 unack; 1 new 2012/03/12 02:48:03	12 alerts 1 unack; 11 new 2012/03/12 09:03:19	188 alerts 91 unack; 7 new 2012/03/12 08:20:09	0 alerts 0 unack; 0 new
V0	Zdc				
0 alerts 0 unack; 0 new	0 alerts 0 unack; 0 new				

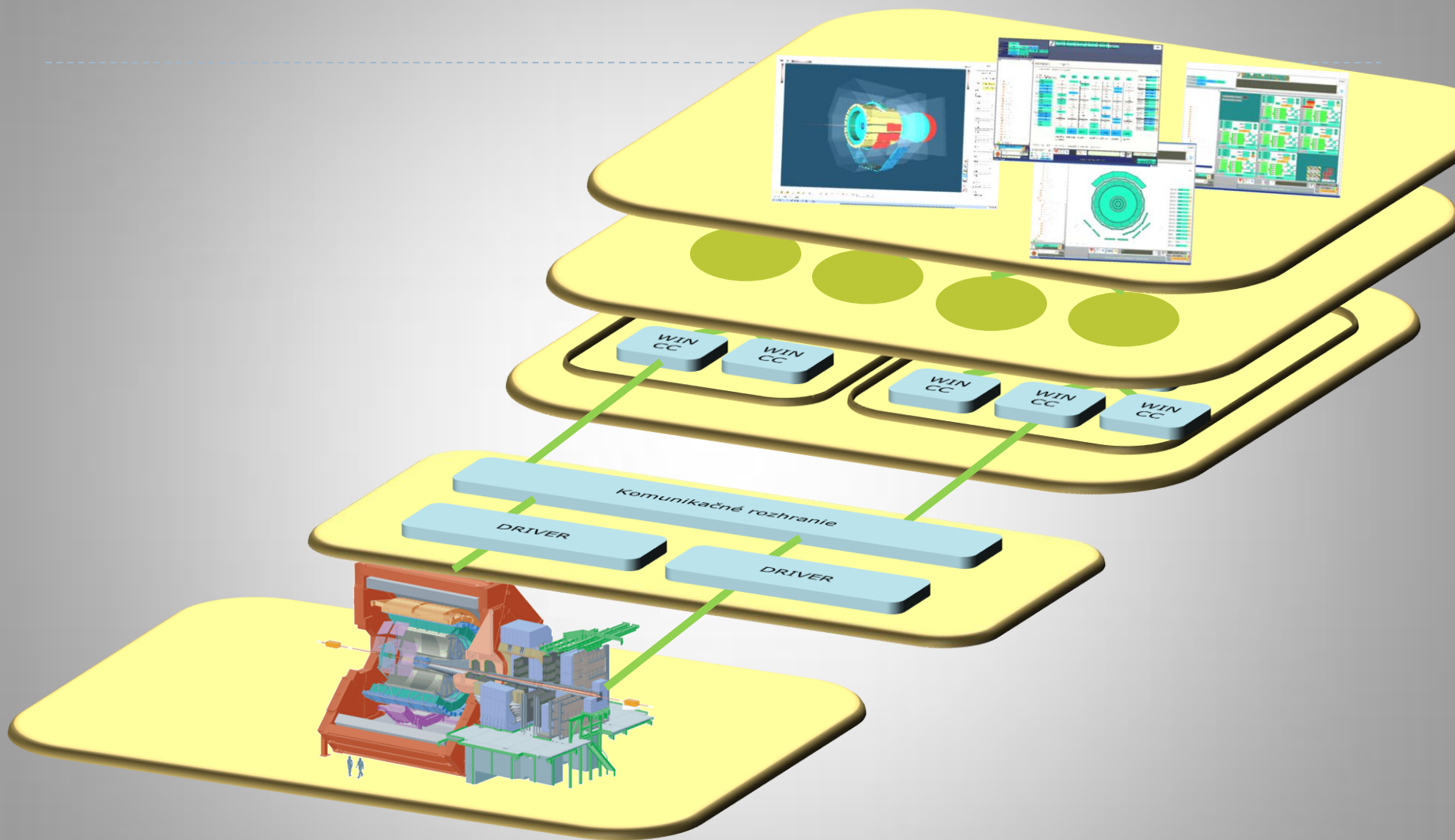
Acknowledge

Mode [-]
☒ Current Alarms
☐ Historical Alarms

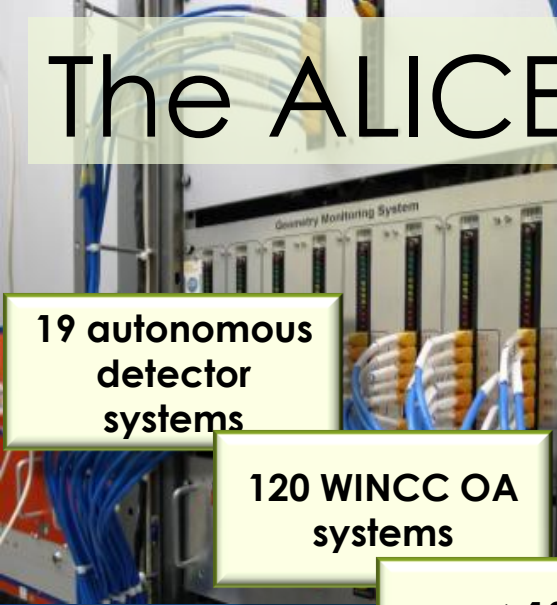
Select Time Range...

Každá monitorovaná hodnota sa porovná s nastavenými limitmi
 V prípade anomálie je operátor informovaný prostredníctvom špeciálneho interfejsu
 AES obsahuje všetky údaje o anomálii a inštrukcie pre operátora
 V prípade neskorej reakcie operátora zasiahne bezpečnostný systém a ohrozená časť detektora sa vypne

Sh	Dev	Mod	Val	Unit	Stat	Time	Time
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.026932	!!!	2012/03/09 12:00:46.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.029221	!!!	2012/03/09 12:00:46.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.029221	!!!	2012/03/09 12:00:46.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.028	!!!	2012/03/09 12:00:46.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.029068	!!!	2012/03/09 12:00:46.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.028458	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.026932	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.026474	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.028	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.028305	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.02739	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB56/A	MOD. 15 CHAIN TRIPPE	WENT	-0.02739	!!!	2012/03/09 12:00:47.944	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB58/A	MOD. 8 CHAIN TRIPPE	CAME	5.138782		2012/03/09 12:01:04.975	
E	pre:ELMB/my_lvdbusO/ELMB58/A	MOD. 8 CHAIN TRIPPE	CAME	5.140919		2012/03/09 12:01:05.975	
E	pre:CAEN/CAENHVPS/branchCont	HVMAX ERROR	WENT	FALSE	!!!	2012/03/09 12:11:09.158	
E	mch_hvLvRight:CAEN/alidcscae021/boar	Bad	WENT	TRUE		2012/03/09 15:02:31.530	
E	pre:CAEN/CAENHVPS/branchCont	CAEN Cont	WENT	FALSE	!!!	2012/03/09 15:03:31.333	

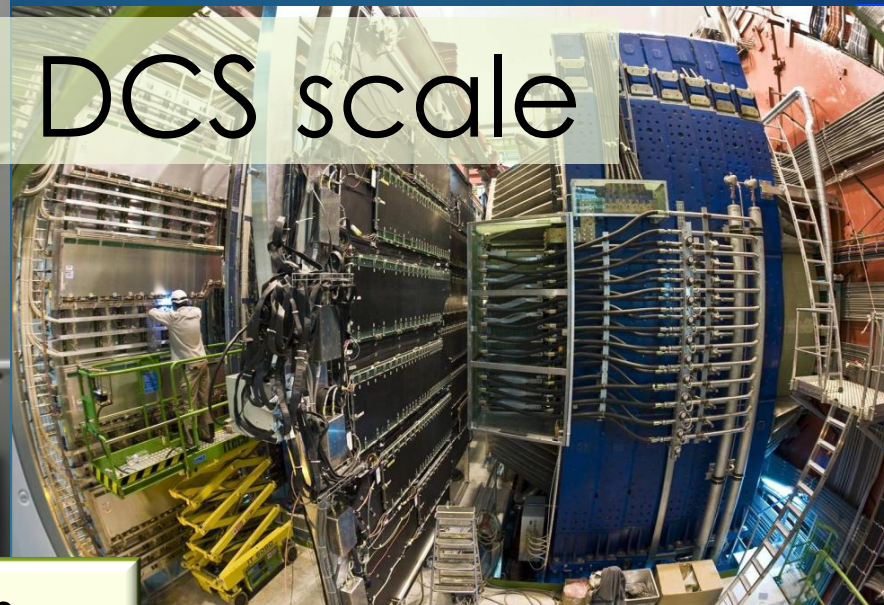


The ALICE DCS scale

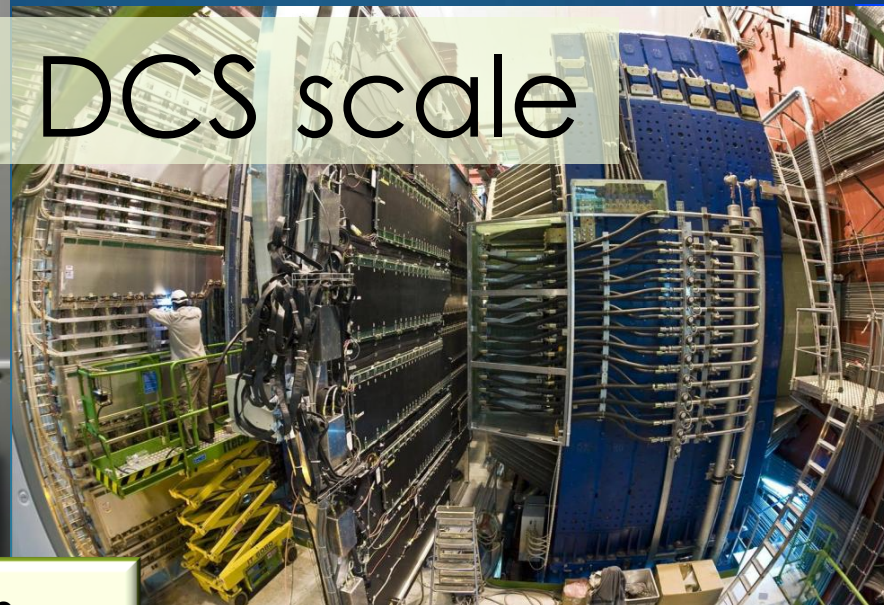


19 autonomous
detector
systems

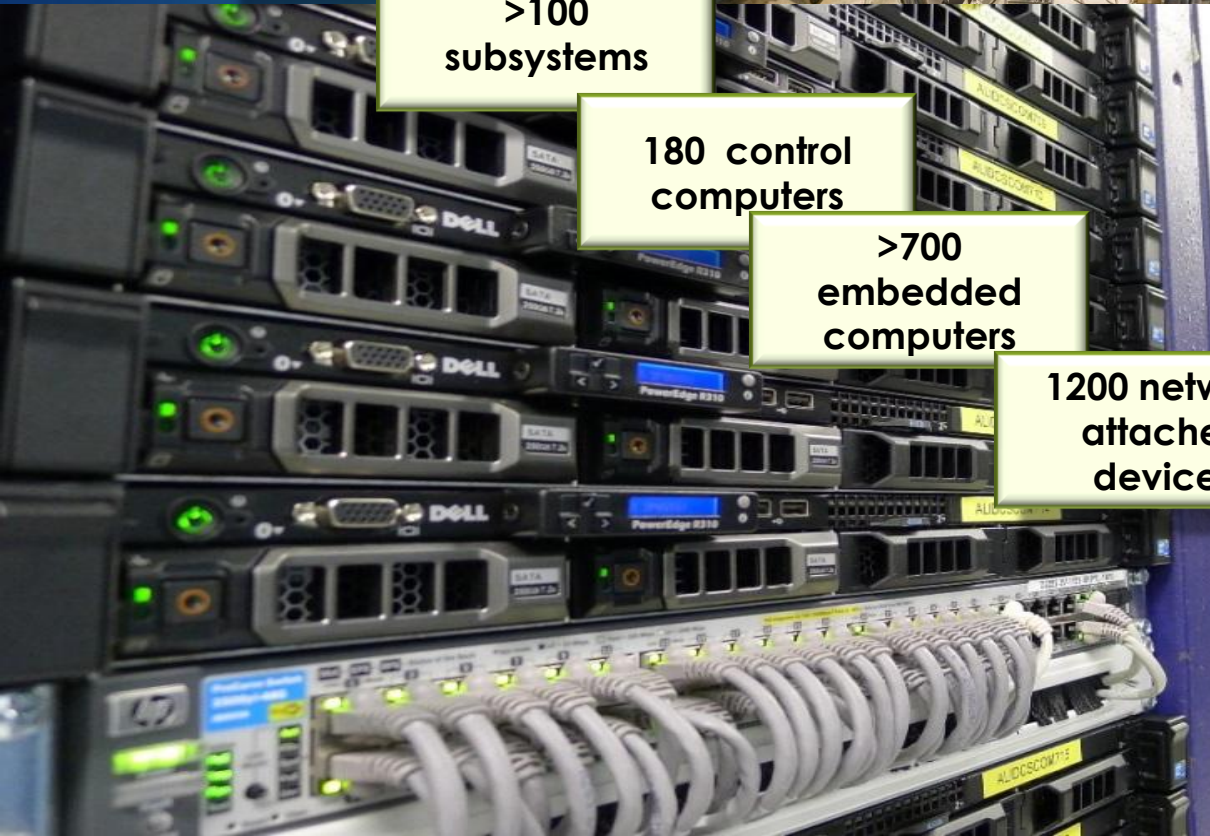
120 WINCC OA
systems



>100
subsystems

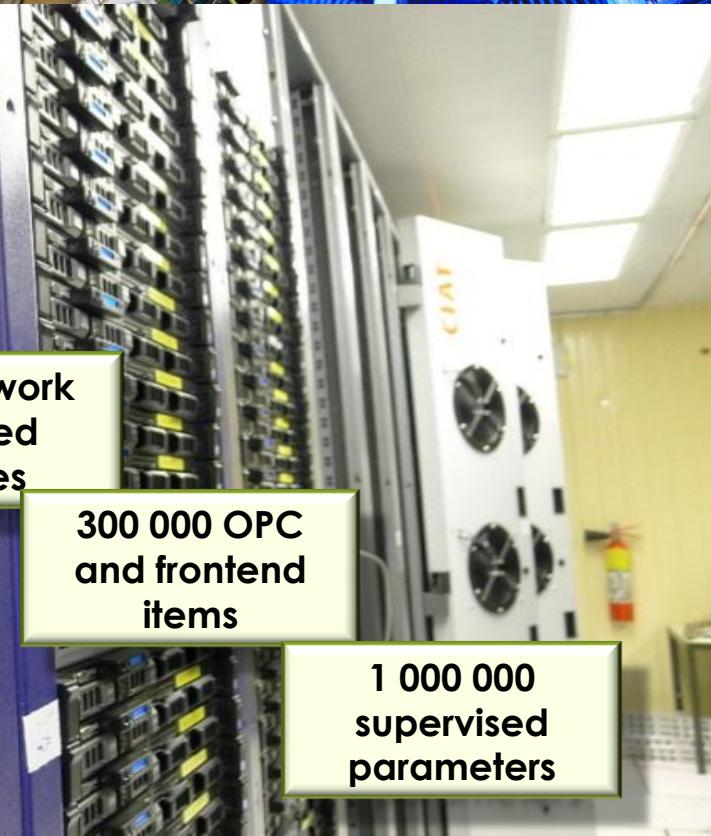


180 control
computers



>700
embedded
computers

1200 network
attached
devices



300 000 OPC
and frontend
items

1 000 000
supervised
parameters

Fajn, už vieme zapnúť experiment.
Takže čo vlastne ďalej robí kontrolný
systém?

Kontrolný systém experimentu

- ▶ Zodpovedný za bezpečnú prevádzku experimentu
 - ▶ **Bezpečnosť ľudí**
 - ▶ Bezpečnosť zariadení
- ▶ Zodpovedný za stabilnú prevádzku experimentu
- ▶ Zodpovedný za nepretržitú prevádzku experimentu

- ▶ Funguje autonómne, môže byť riadený jediným operátorom
- ▶ Kde je to možné, používa priemyselné štandardy
- ▶ Je vybudovaný ako spolupráca medzi ústavmi participujúcimi na experimente a CERNom



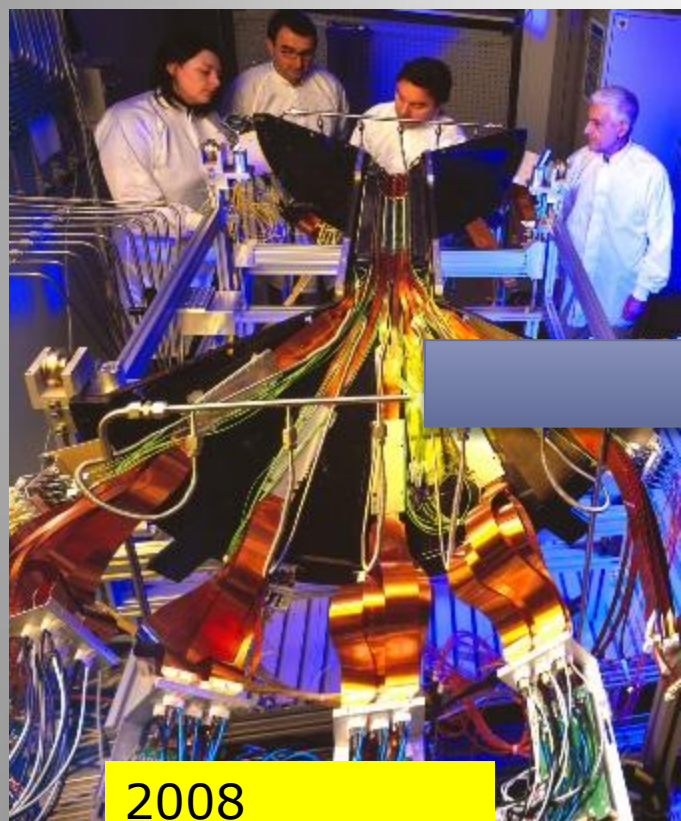
A ešte jeden citát , J. Cimrman

- ▶ Už v C.K. monarchii bol zrejmy význam kontrolných systémov
- ▶ Z projevu inženiéra Maliny, zástupce Elektrických podniků v obci Liptakov:
vážení občané, vzácní hosté, s elektřinou je to prosté:
od pantáty vedou dráty do žárovky nade vraty,
odtud proud se přelévá do stodoly, do chléva,
při krátkém spojení dvou drátů dochází k takzvanému zkratu,
kdo má pojistky námi předepsané, tomu se při zkratu nic nestane,
kdo si tam nastrká hřebíky, vyhoří a začne od píky.
Do každé rodiny elektrické hodiny!

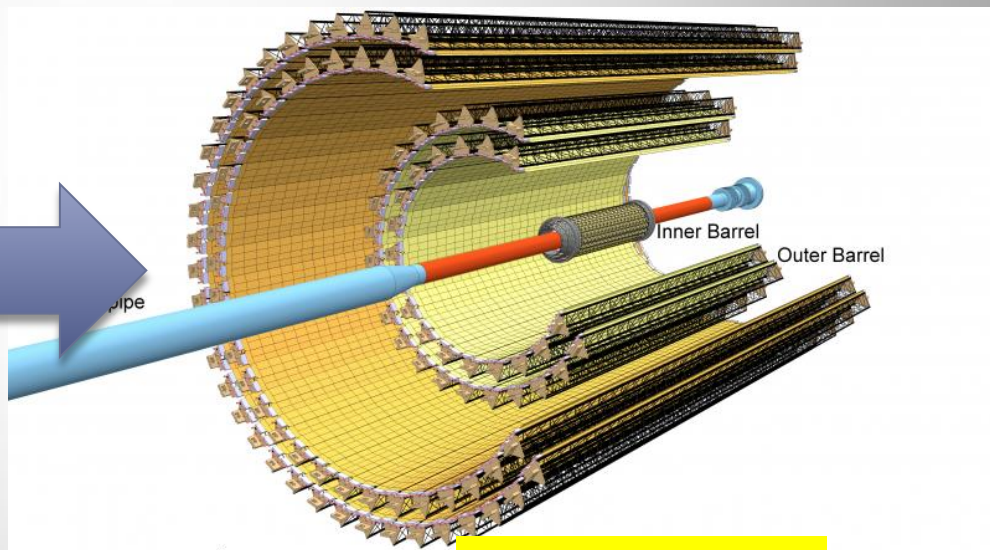


A ďalej?

ALICE prejde v roku 2018 masívnou modernizáciou
Napríklad

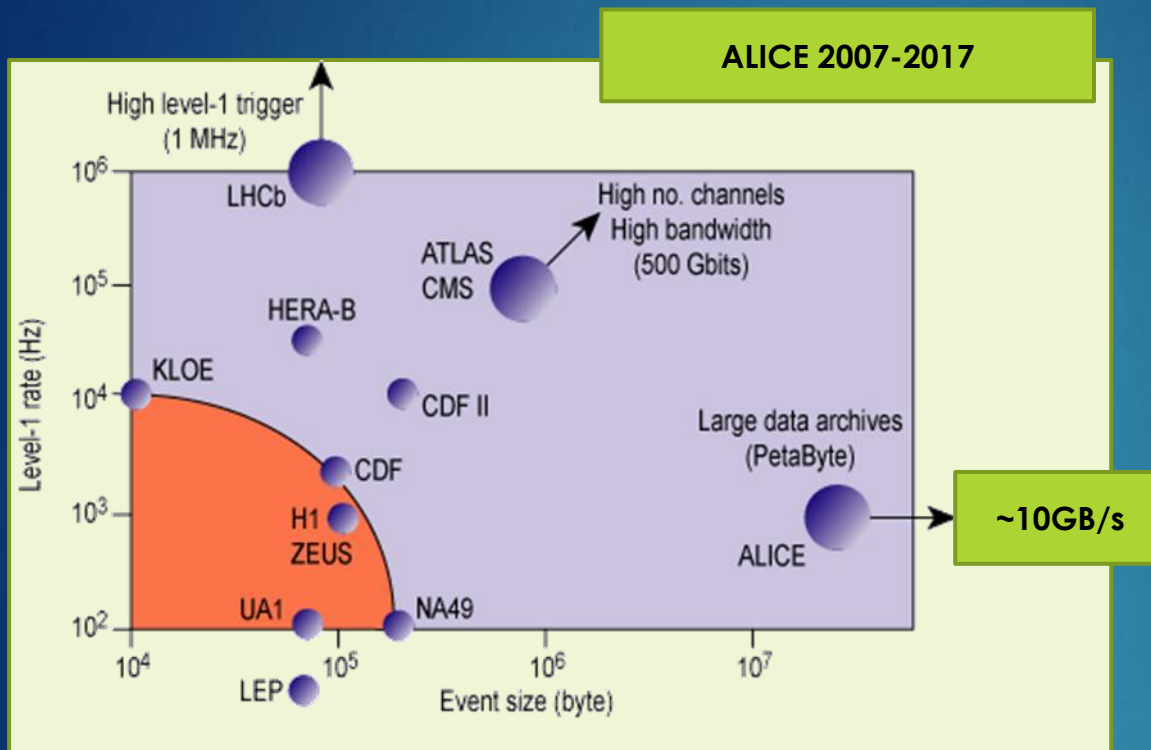


2008
10 Megapixlov



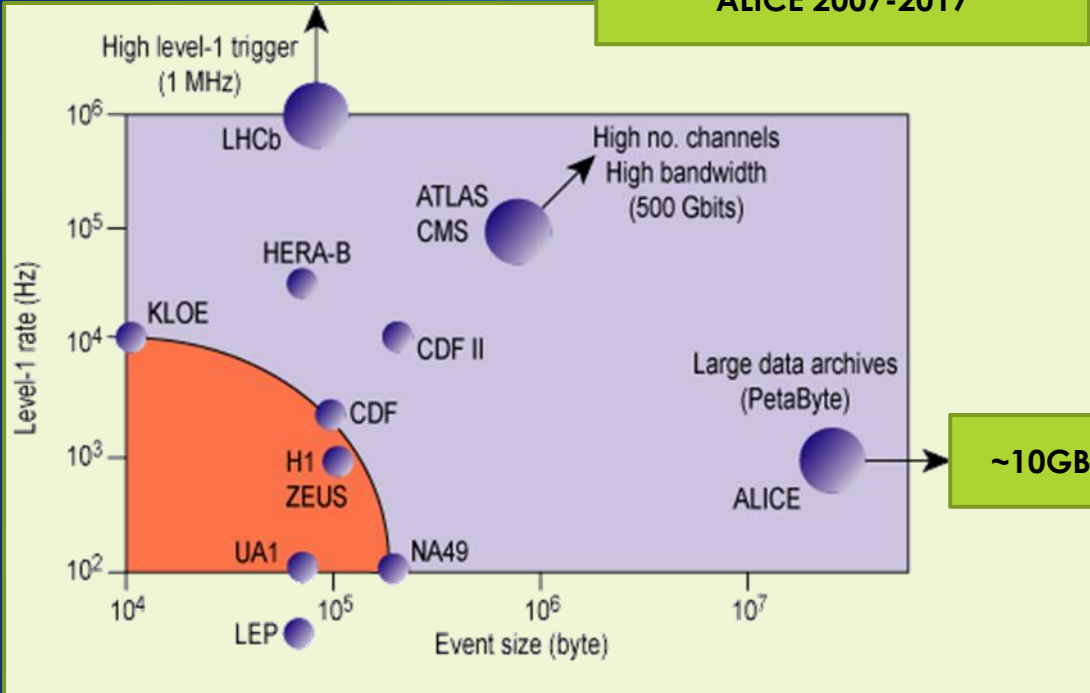
2018
25 Gigapixlov

The ALICE O2 Project



The ALICE O2 Project

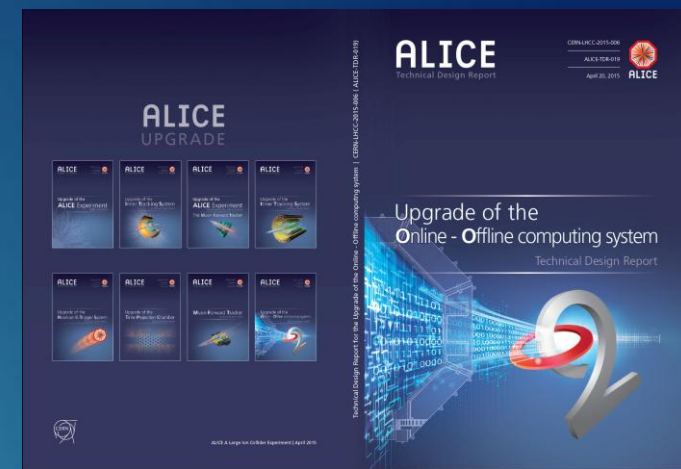
ALICE 2007-2017



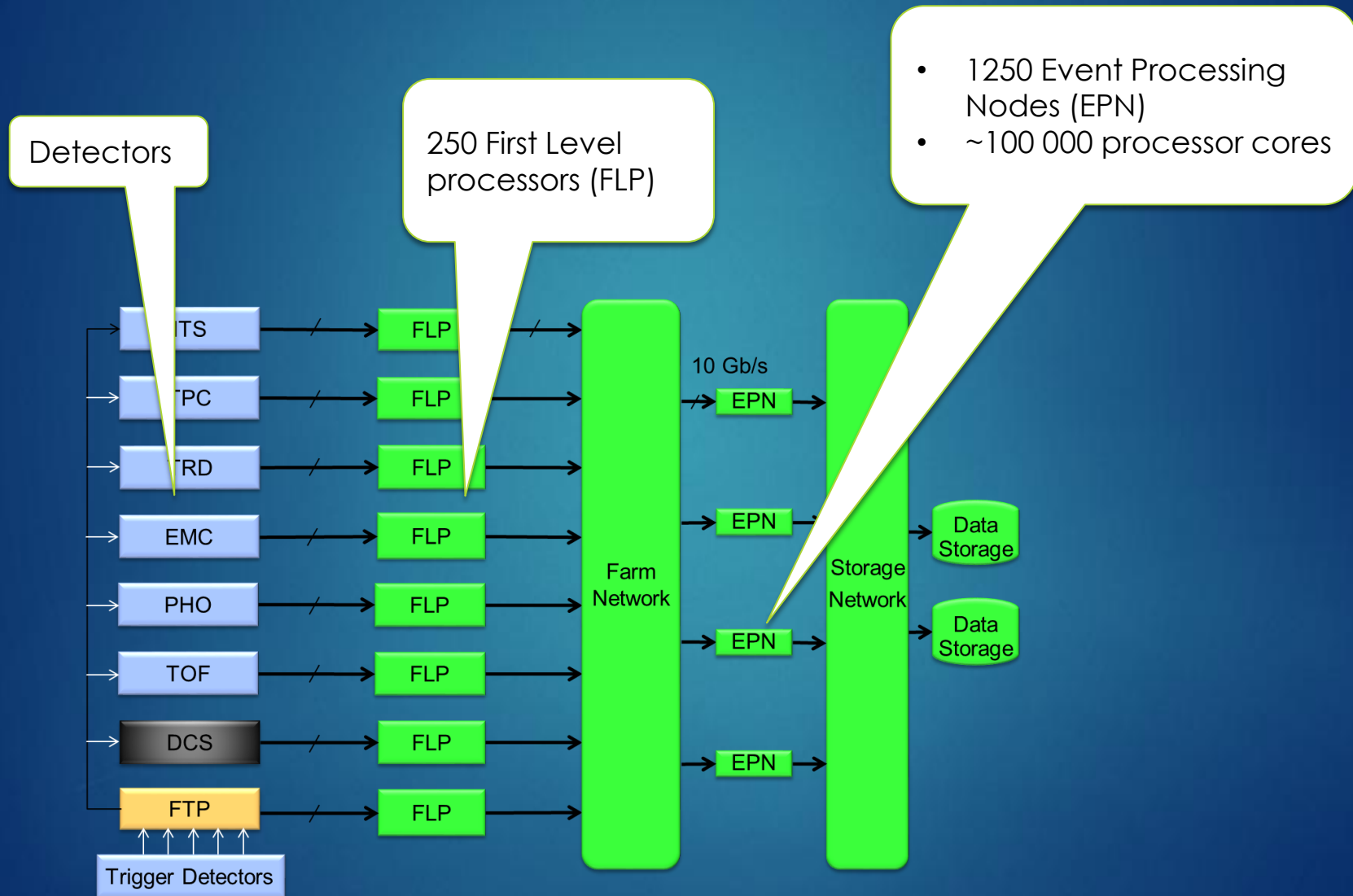
ALICE 2019-2027

LHC will provide for RUN3 ~100x more Pb-Pb collisions compared to RUN2 ($10^{10} - 4 \cdot 10^{11}$ collisions/year)

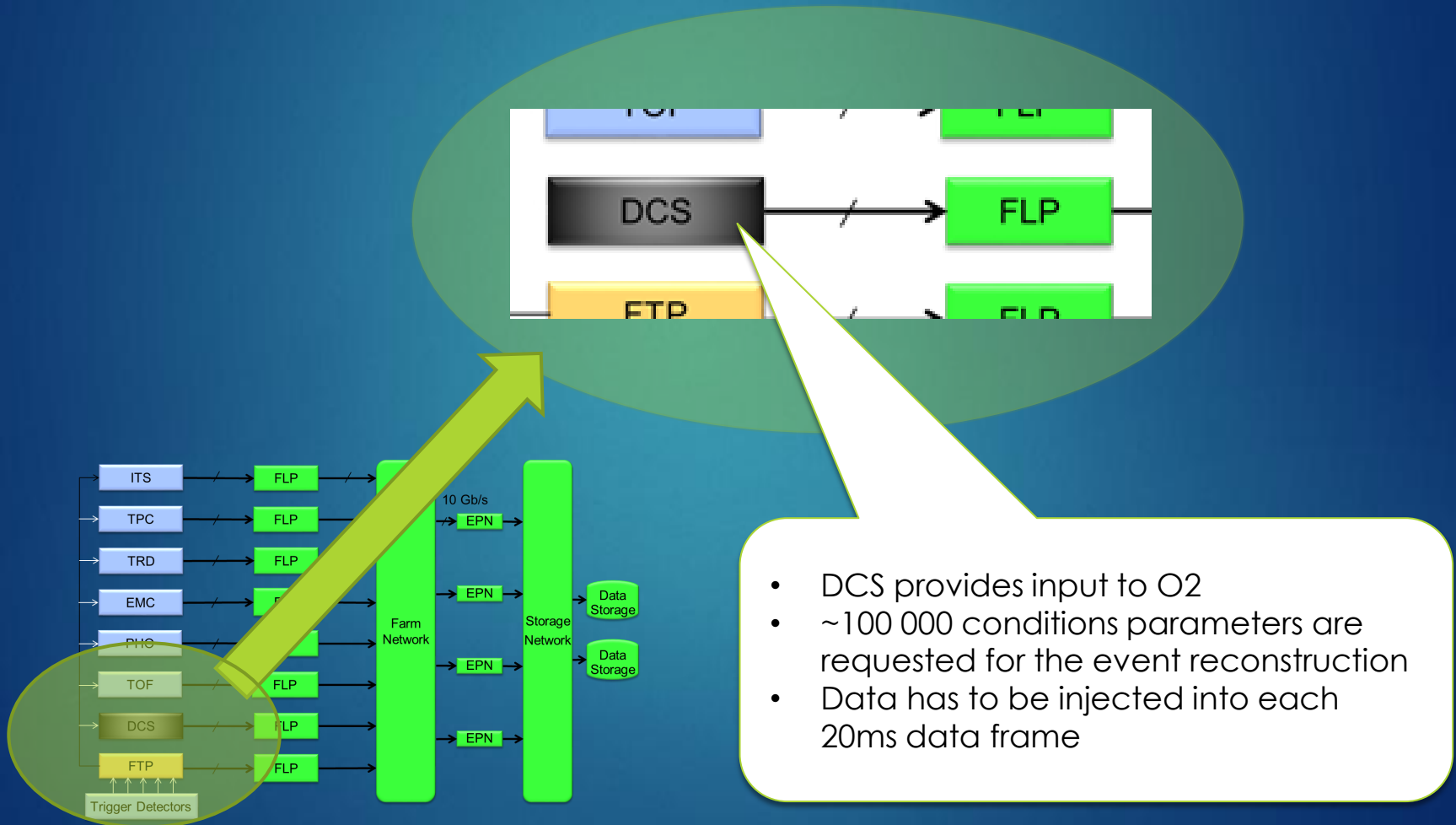
- ALICE O2 Project merges online and offline into one large system
 - TDR approved IN 2015 !
- Some O2 challenges:
 - New detector readout
 - 8400 optical links
 - Data rate 1.1TB/s
 - Data storage requirements: ~60PB/year



The O2 architecture



DCS in the context of O2



Prečo to hovorím?

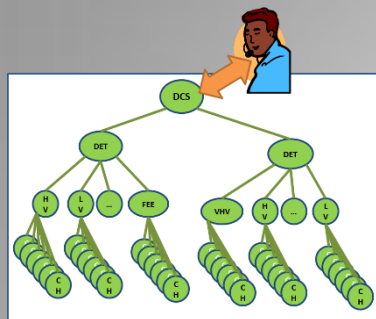
ÚEF SAV Košice a TUKE spolupracujú na
vývoji nového kontrolného systému pre
ALICE

Záver

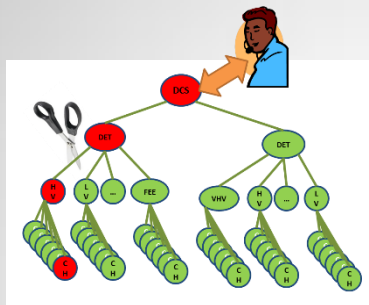
- ▶ Asi toľko som chcel povedať na úvod.....



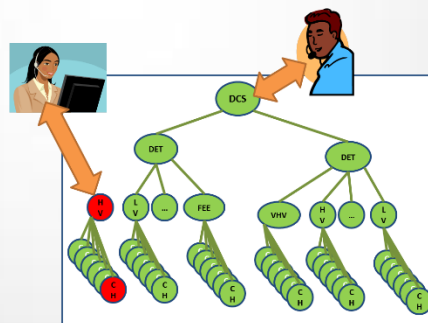
Partície



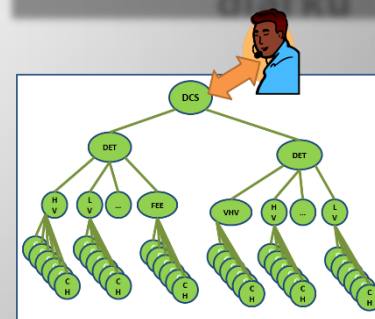
ALICE kontroluje jediný operátor



Problematická časť je odpojená od systému



Expert kontroluje odpojenú časť na diaľku



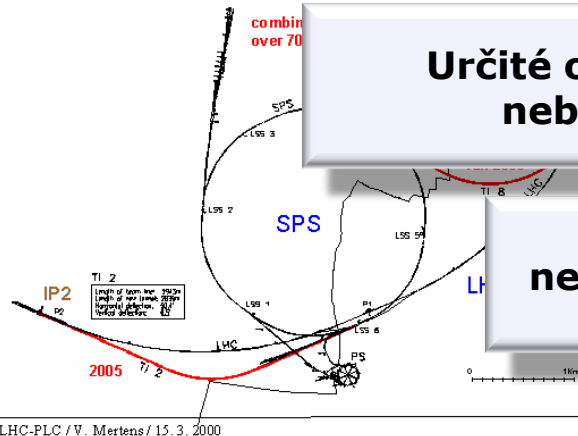
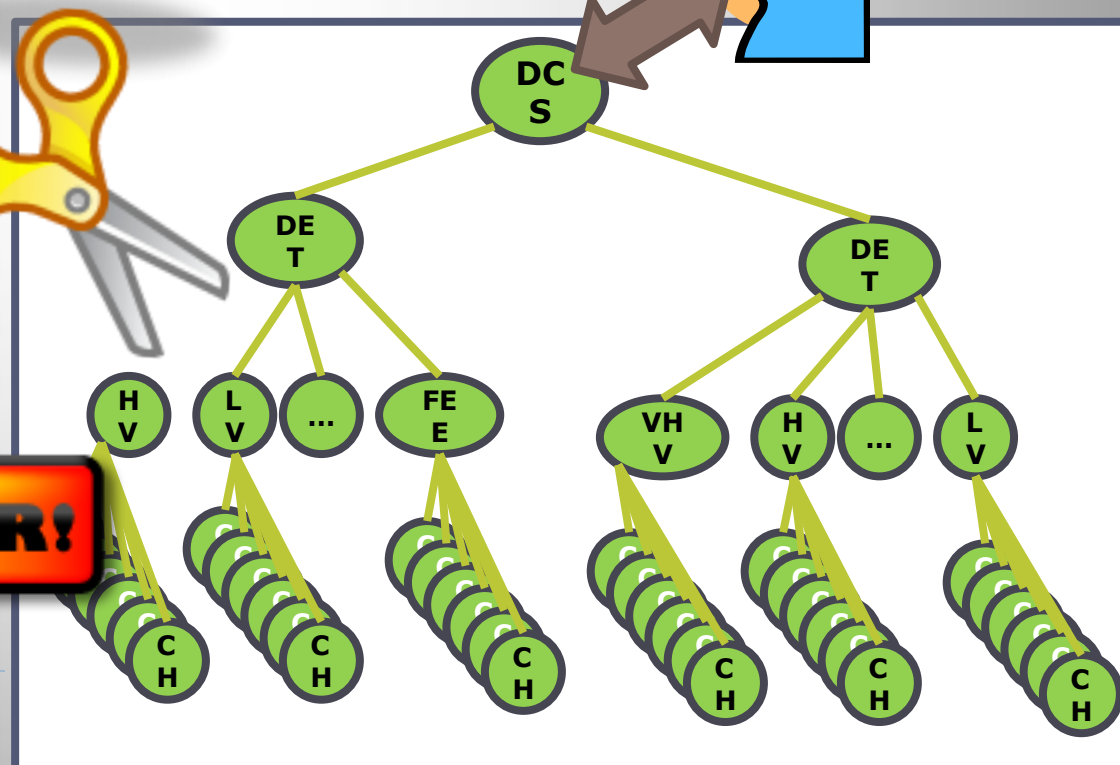
Určité operácia LHC môžu byť
nebezpečné pre ALICE

Detektory sa musia pripraviť na
nebezpečné situácie (zmena napätie,
iná konfigurácia)

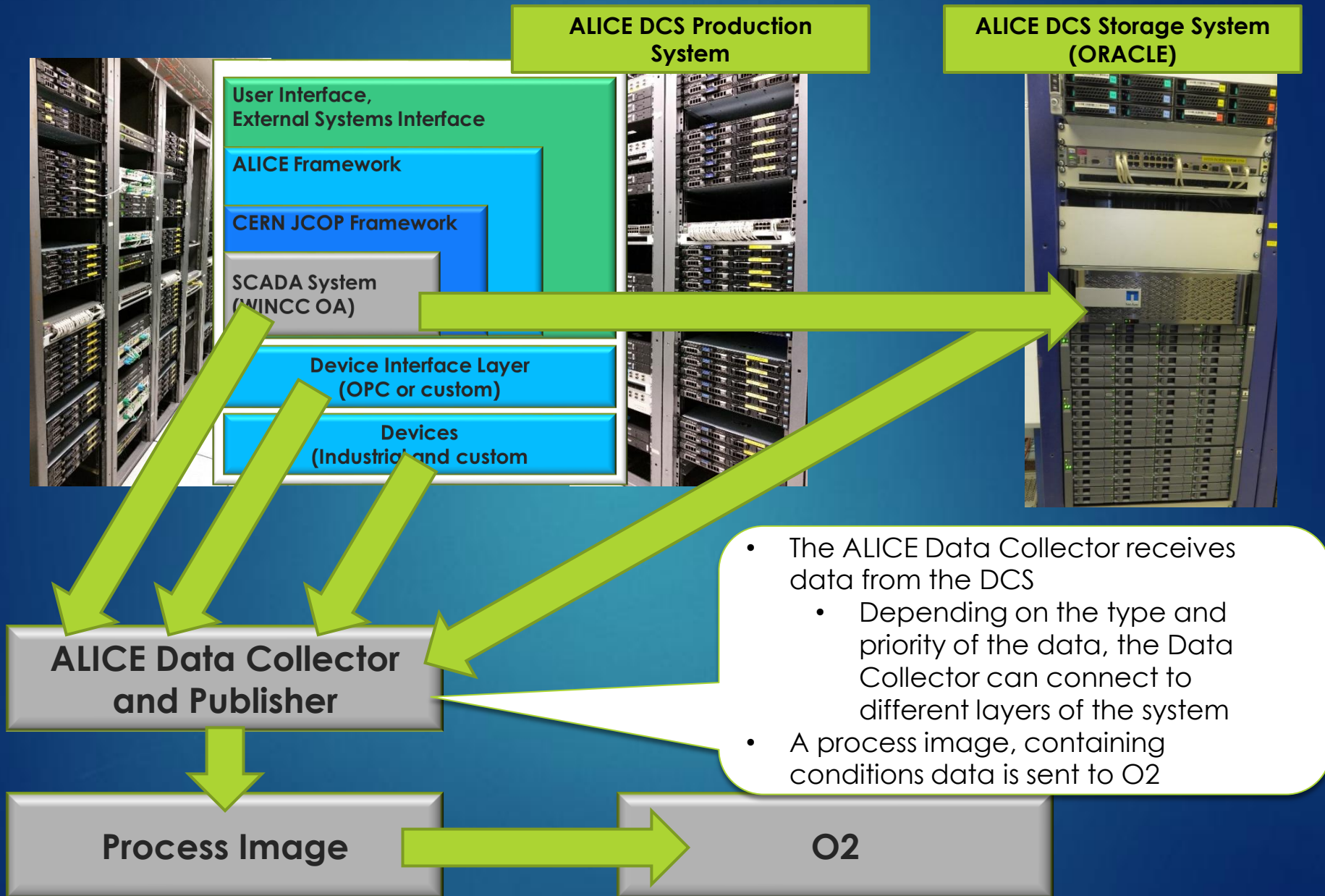
ALE !!!!!!!!!.....
Odpojené časti nereagujú na príkazy
operátora!



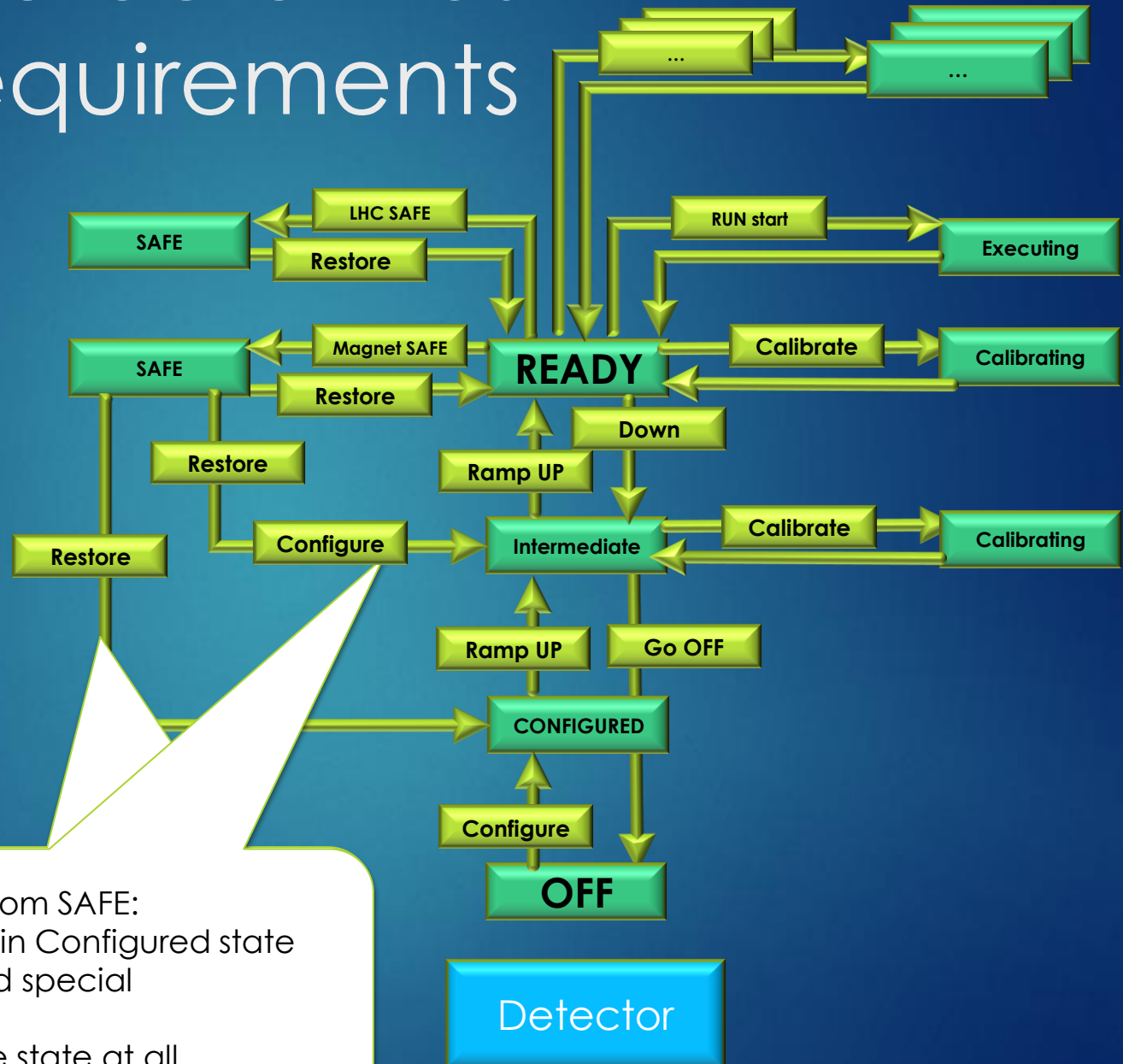
DANGER!



DCS-O2 interface



... each detector has specific requirements



For example to restore from SAFE:

- Some detectors end in Configured state
- Other detectors need special configuration
- Other do not change state at all...