

Technologia GRID w badaniach naukowych na Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN

Adam Kisiel
Wydział Fizyki PW

Seminarium Centrum Studiów Zaawansowanych
i Centrum Informatyzacji

18 marca 2014

EWOLUCJA WSZECHŚWIATA

po 13,7 miliardach lat

Dzisiaj



Dzisiaj w CERN-ie cofamy się w czasie i badamy jak powstawała materia

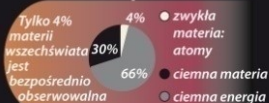
-270°C

po 10 miliardach lat

Życie na Ziemi



Zupa z organicznych cząsteczek pojawia się na Ziemi, małej niebieskiej planecie zagubionej w ogromnym Wszechświecie



po 9,2 miliardach lat

Układ słoneczny



Grawitacja zbiera szczątki gwiazd i powstają planety

po 200 milionach lat

Gwiazdy i galaktyki



Grawitacja zbiera chmury atomów w gwiazdy

W sercu gwiazd zachodzi synteza ciężkich atomów – cegiełek życia

4000°C

po 380000 latach

Lekkie atomy



Wiążą się z jądrami atomowymi tworząc atomy wodoru i helu

Fotony nie oddziałują dłużej z elektronami: wszechświat staje się przezroczysty i świeci



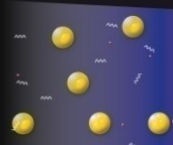
Atom helu



Atom wodoru

po trzech minutach

Lekkie jądra



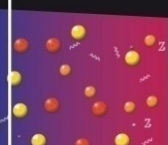
Protony i neutrony wiążą się tworząc jądra atomowe

Fotony są ciągle absorbowane i reemitowane, a Wszechświat jest nieprzezroczysty.

2 protony + 2 neutrony = jądro helu
1 proton = jądro wodoru

po 0,01 milisekundy

Protony i neutrony



Kwarki i gluony wiążą się tworząc protony i neutrony

Wszechświat ma rozmiar układu słonecznego

10¹²°C

po 10⁻¹² sekundy

po 10⁻²⁰ sekundy

po 10⁻³⁵ sekundy

po 10⁻⁴³ sekundy

Plazma kwarkowo gluonowa



Wszechświat ma promień 300 milionów kilometrów

10¹⁵°C

Wszechświat ma wielkość jabłka

10²⁷°C

Wszechświat jest nieskończenie małym punktem

10³²°C



oddziaływanie silne
oddziaływanie elektrodrowe
SUPERODDZIAŁYWANIA
oddziaływanie słabe
oddziaływanie elektrosłabe
oddziaływanie elektromagnetyczne
grawitacja

WIELKI WYBUCH

Proton
Neutron
Mezon

Kwark
Elektron
Neutrino

Foton
Oddziaływanie słabe
Oddziaływanie silne

Model Standardowy

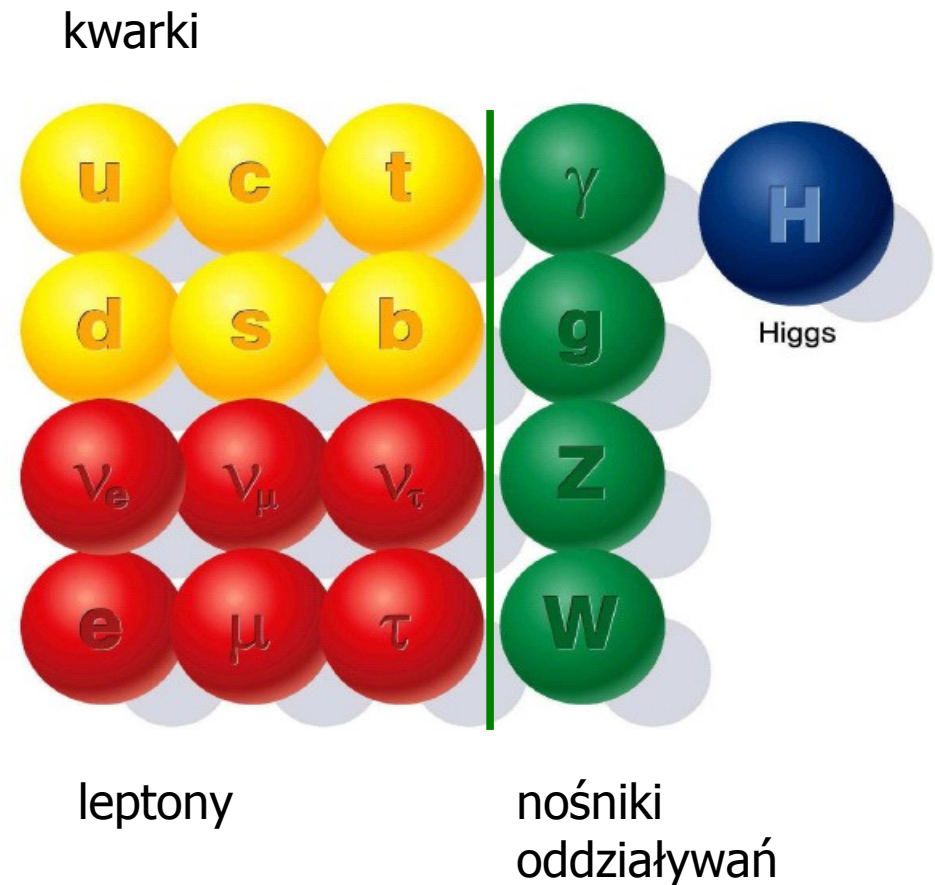
Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III	
mass→	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name→	u up	c charm	t top	γ photon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z weak force
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	W[±] weak force

leptony

nośniki oddziaływań

Bosons (Forces)



Skąd biorą się masy kwarków, leptonów i bozonów pośredniczących?

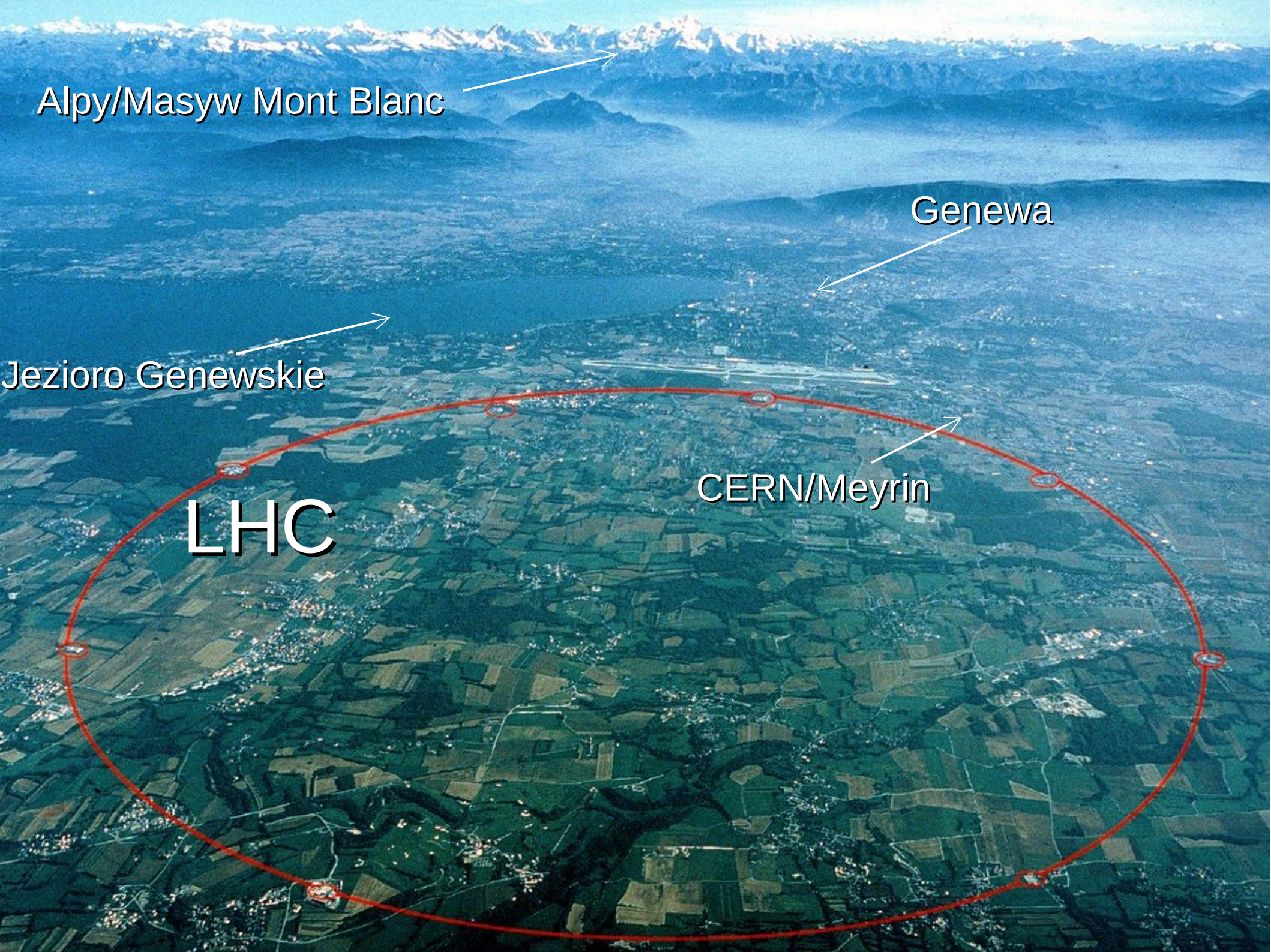
Alpy/Masyw Mont Blanc

Genewa

Jezioro Genewskie

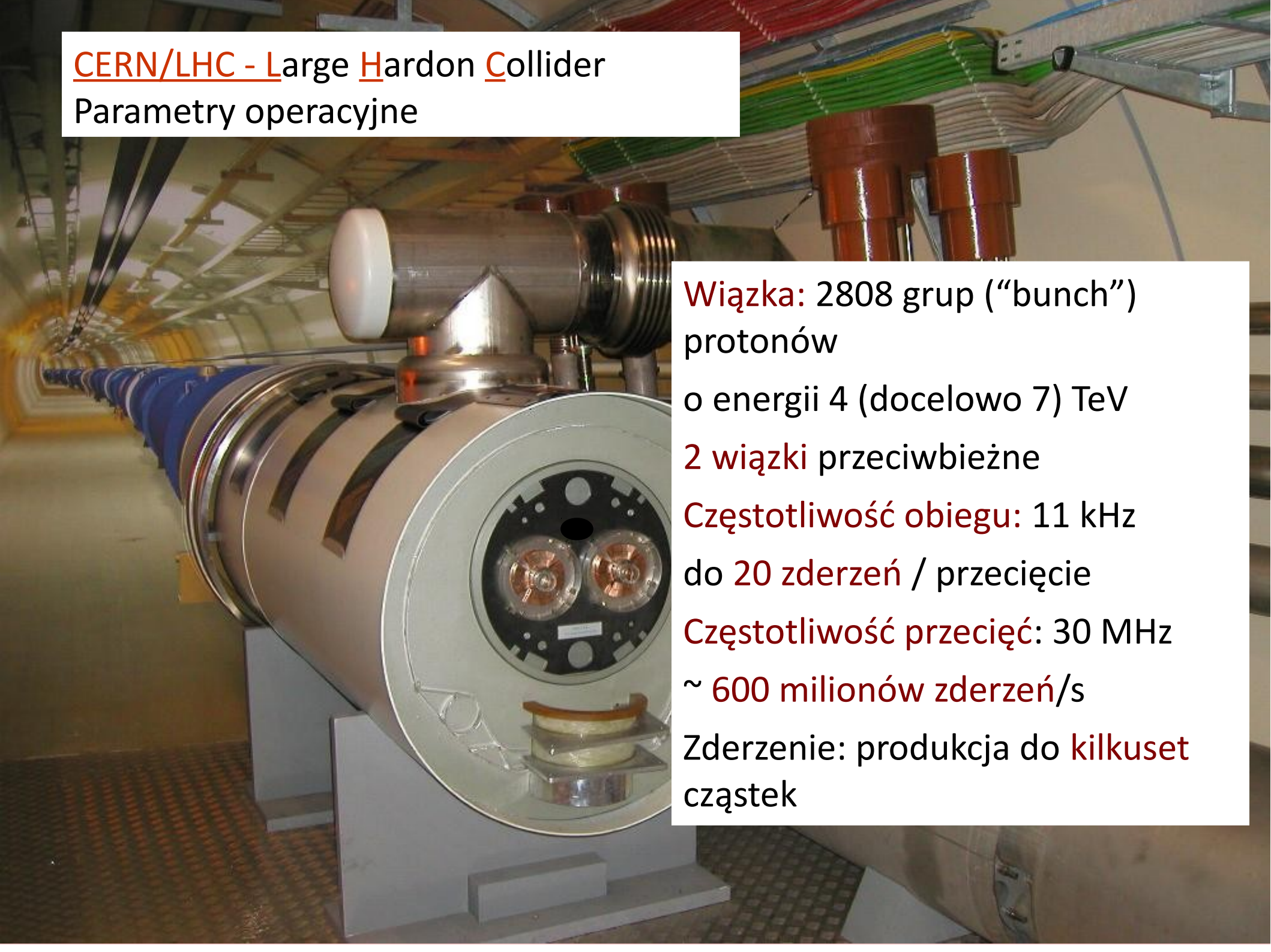
CERN/Meyrin

LHC

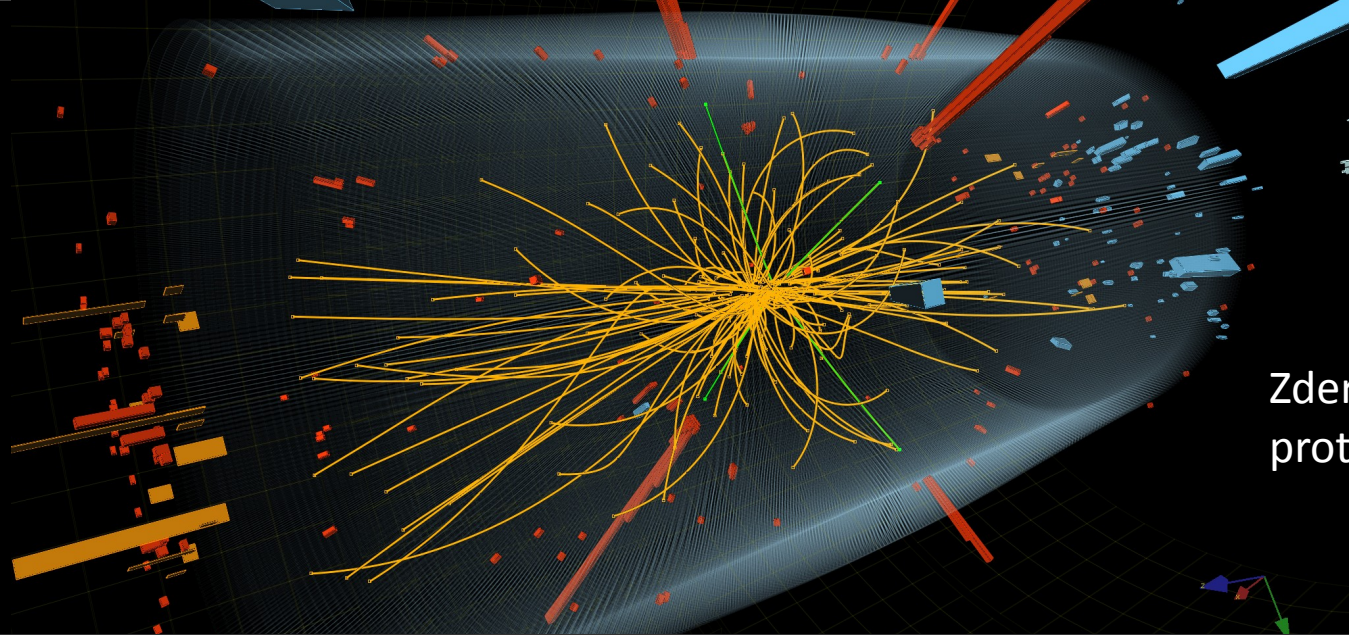


CERN/LHC - Large Hardon Collider

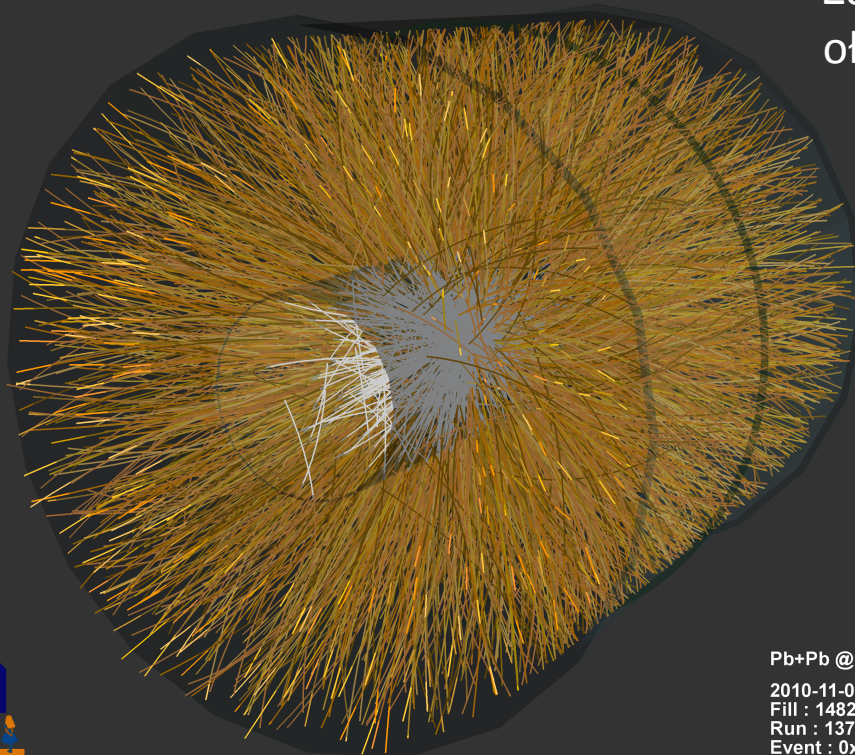
Parametry operacyjne



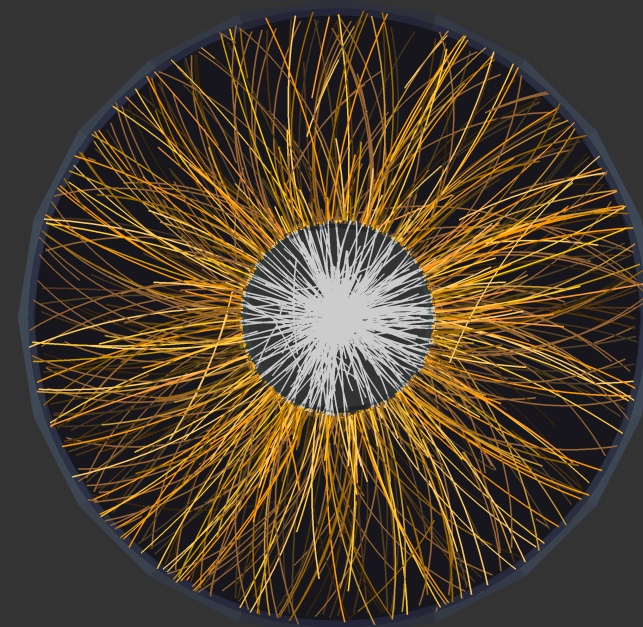
Wiązka: 2808 grup ("bunch")
protonów
o energii 4 (docelowo 7) TeV
2 wiązki przeciwbieżne
Częstotliwość obiegu: 11 kHz
do **20 zderzeń** / przecięcie
Częstotliwość przecięć: 30 MHz
~ **600 milionów zderzeń/s**
Zderzenie: produkcja do **kilkuset**
cząstek



Zderzenie
proton-proton



Zderzenie
ołów-ołów

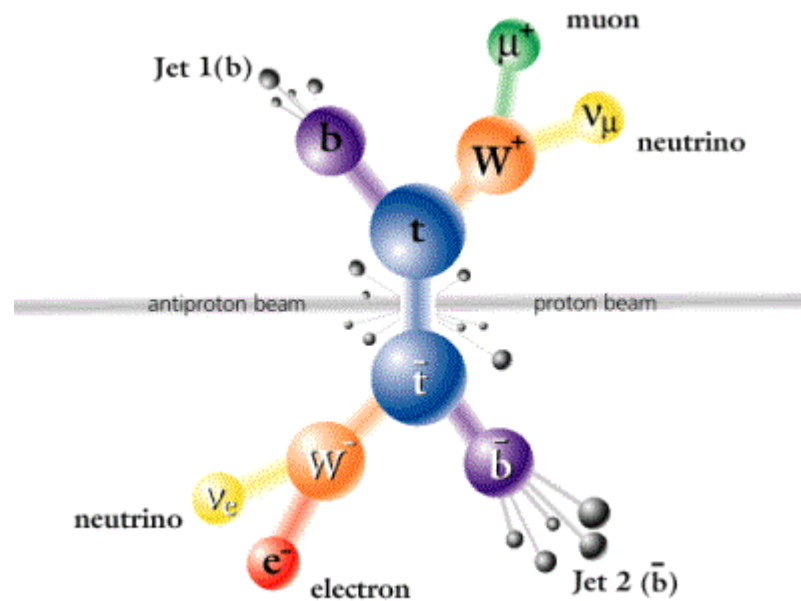


Pb+Pb @ $\sqrt{s} = 2.76$ ATeV
 2010-11-08 11:30:46
 Fill : 1482
 Run : 137124
 Event : 0x00000000D3BBE693

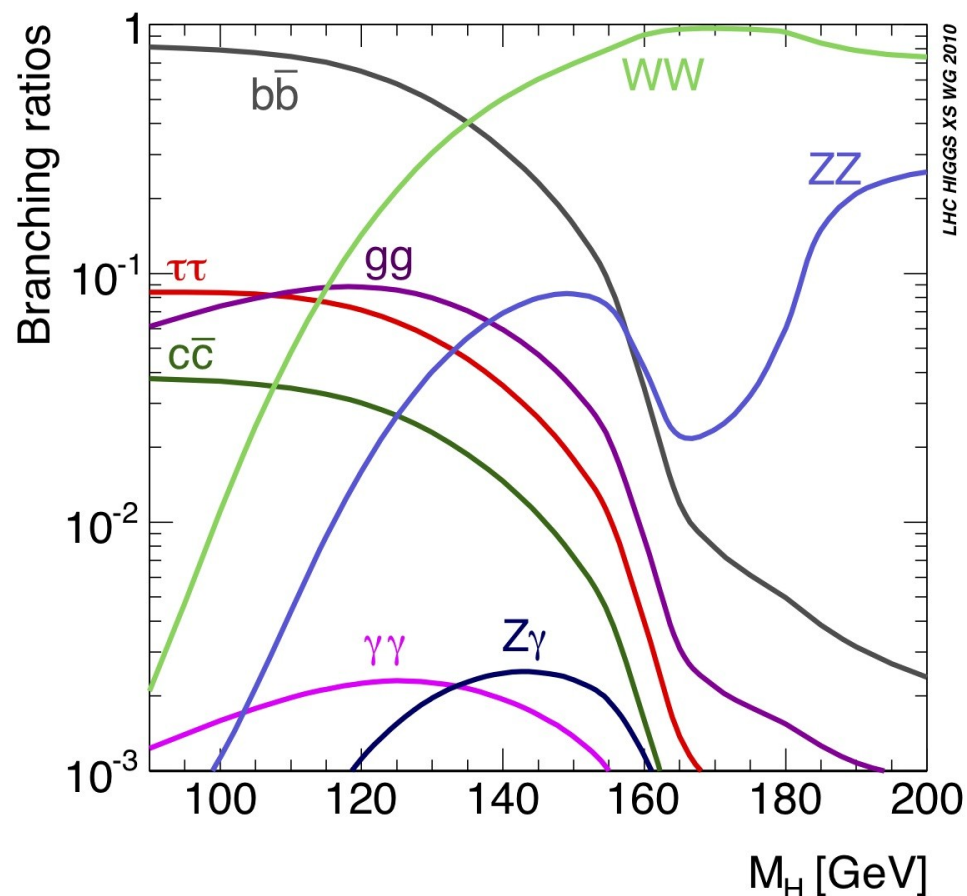
Zderzenie protonów

W zderzeniu dochodzi do produkcji cząstek, w tym bozonów Higgsa.

Większość z nich natychmiast rozpada się na cząstki wtórne.

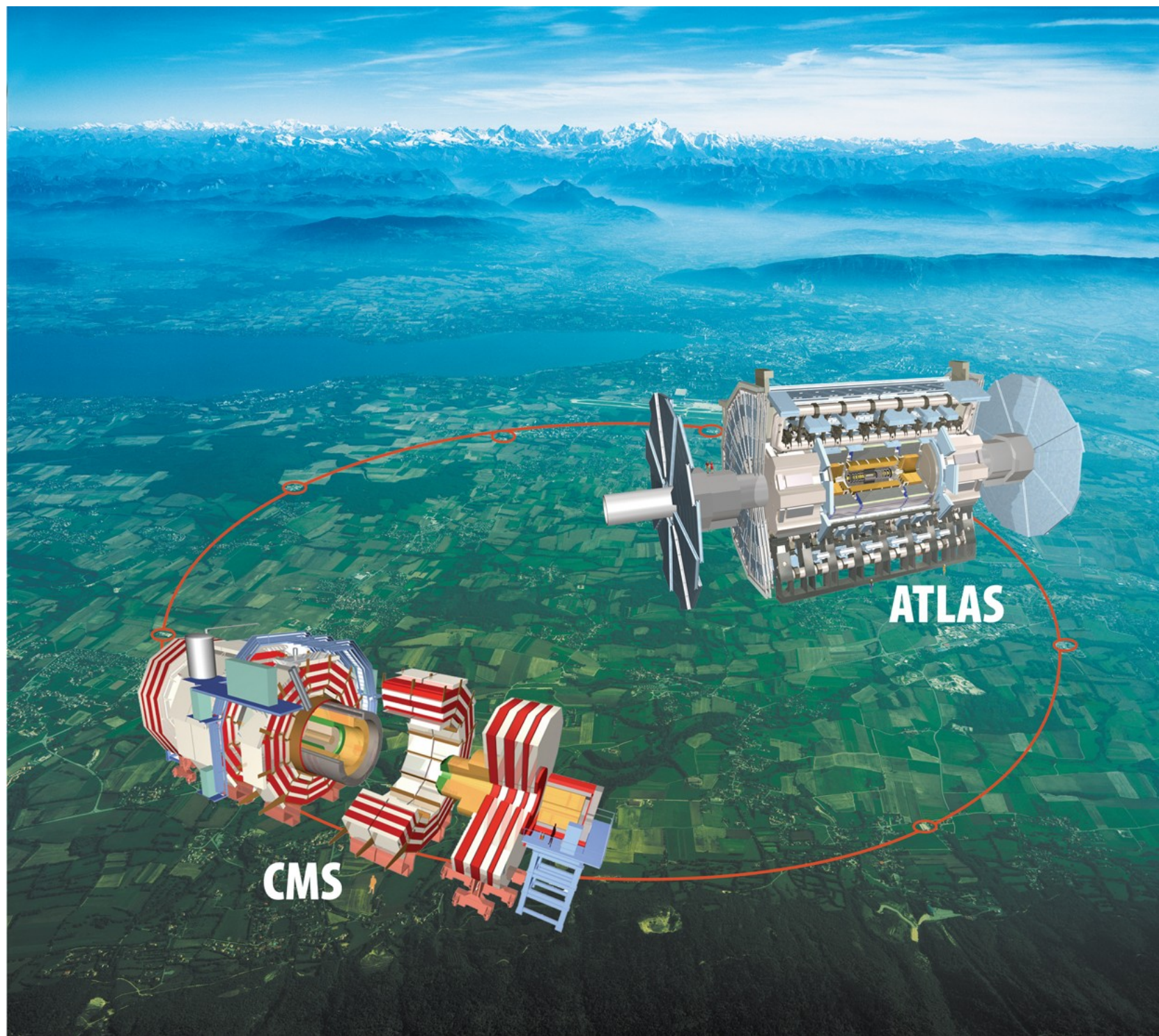


Poszukiwanie bozonu Higgsa

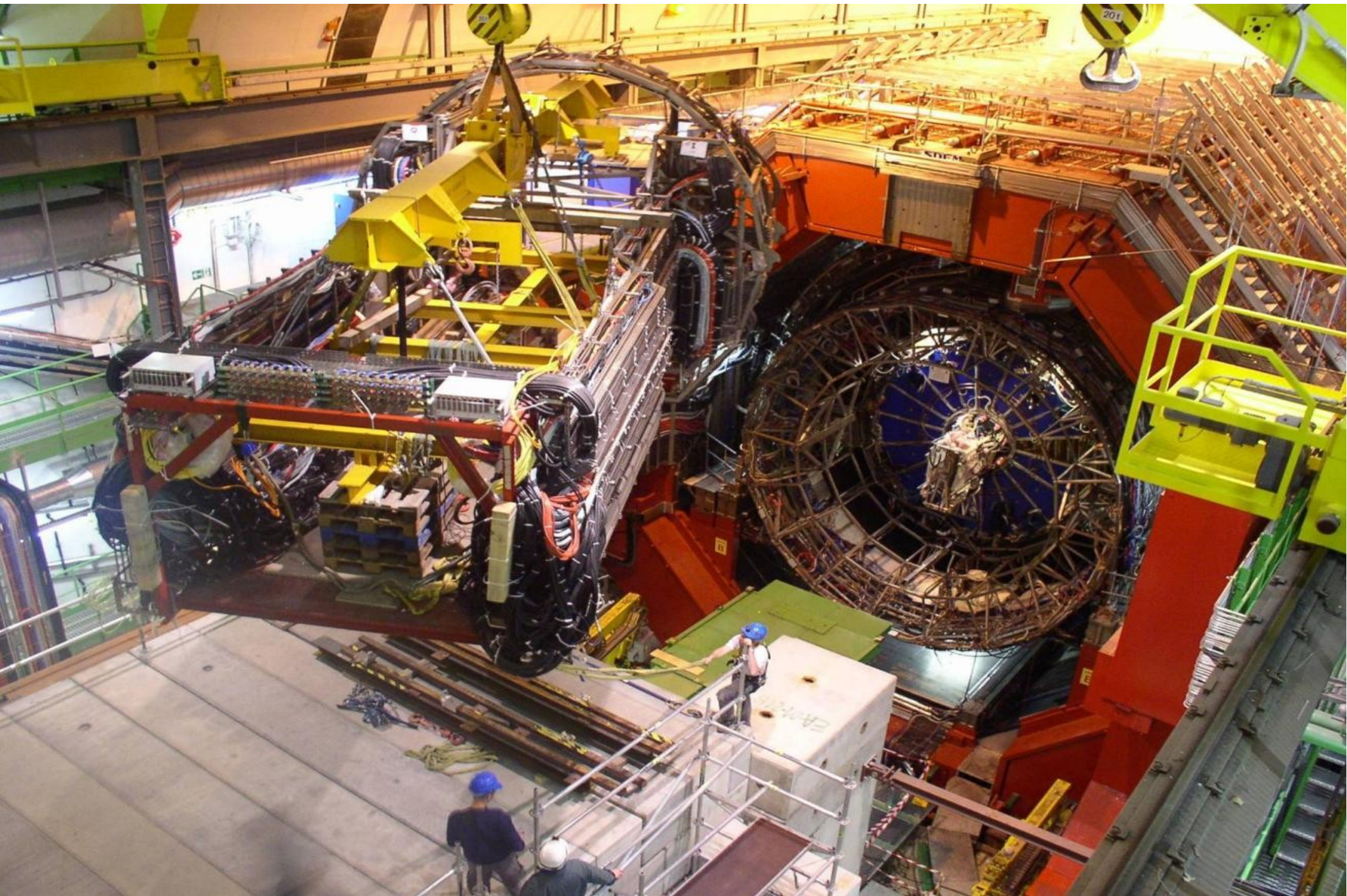


- Bozon Higgsa:
 - $>100x$ cięższy niż proton
 - rozpada się zaraz po powstaniu
- Wynik rozpadu:
 - charakterystyczne układy cząstek “stabilnych” (np. 4 leptony, 2 kwanty gamma, 4 jety)
 - wszystkie o ogromnych energiach
- Szacunek: na setki miliardów zderzeń na LHC, powstaje kilkadziesiąt tysięcy bozonów Higgsa

CERN – detektory ATLAS i CMS

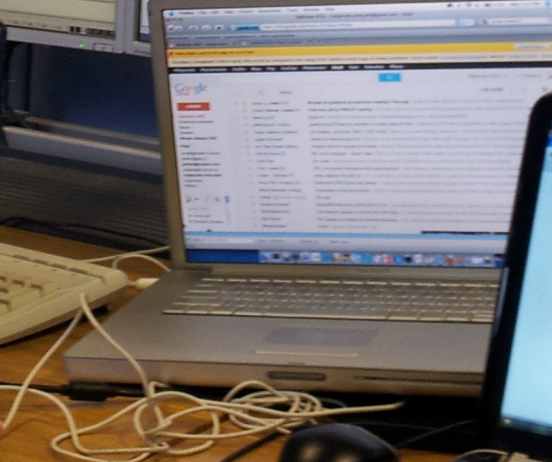
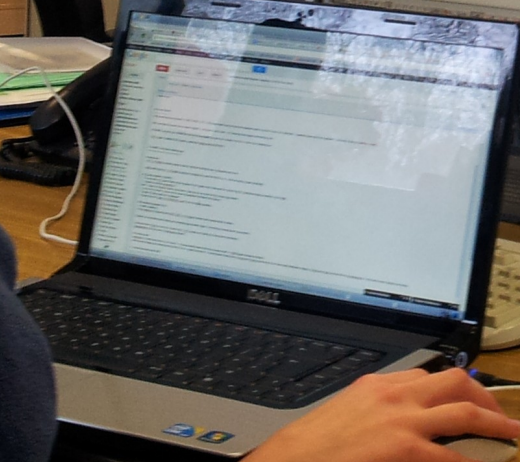
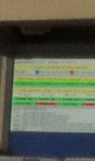
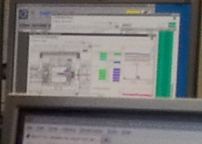
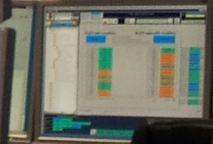
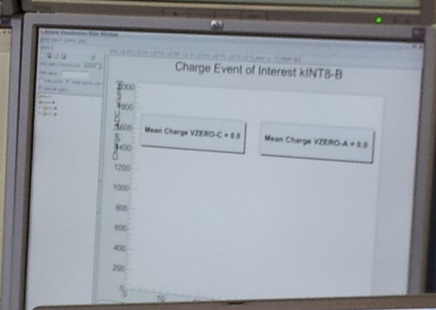
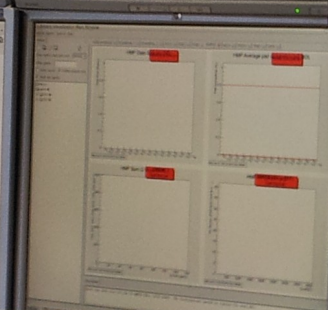
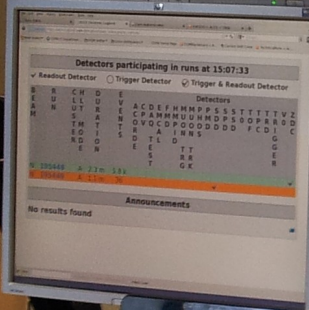
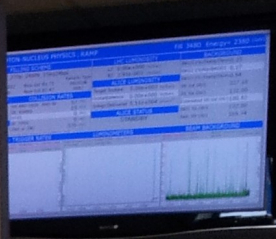
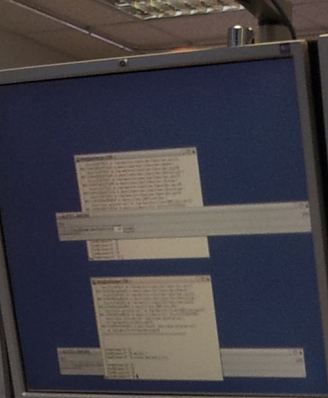
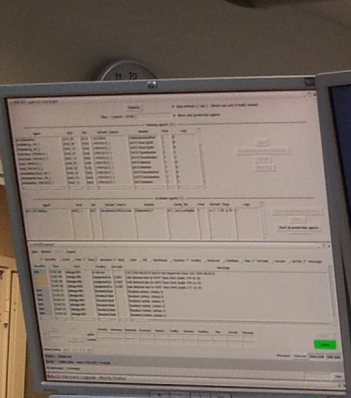


CERN – detektor ALICE (współpraca: Wydział Fizyki PW)

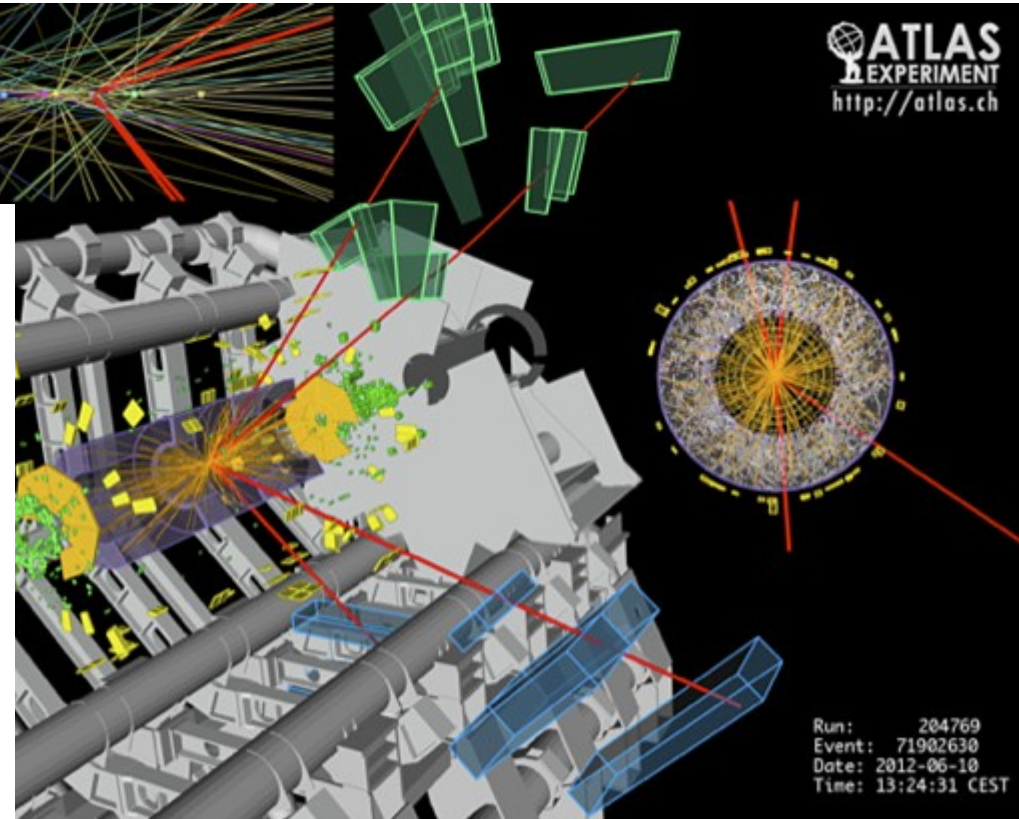
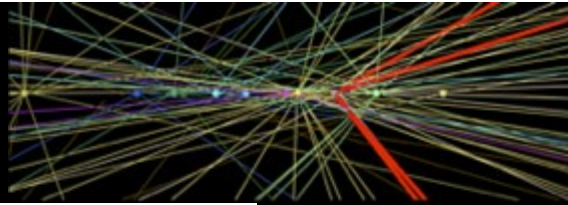
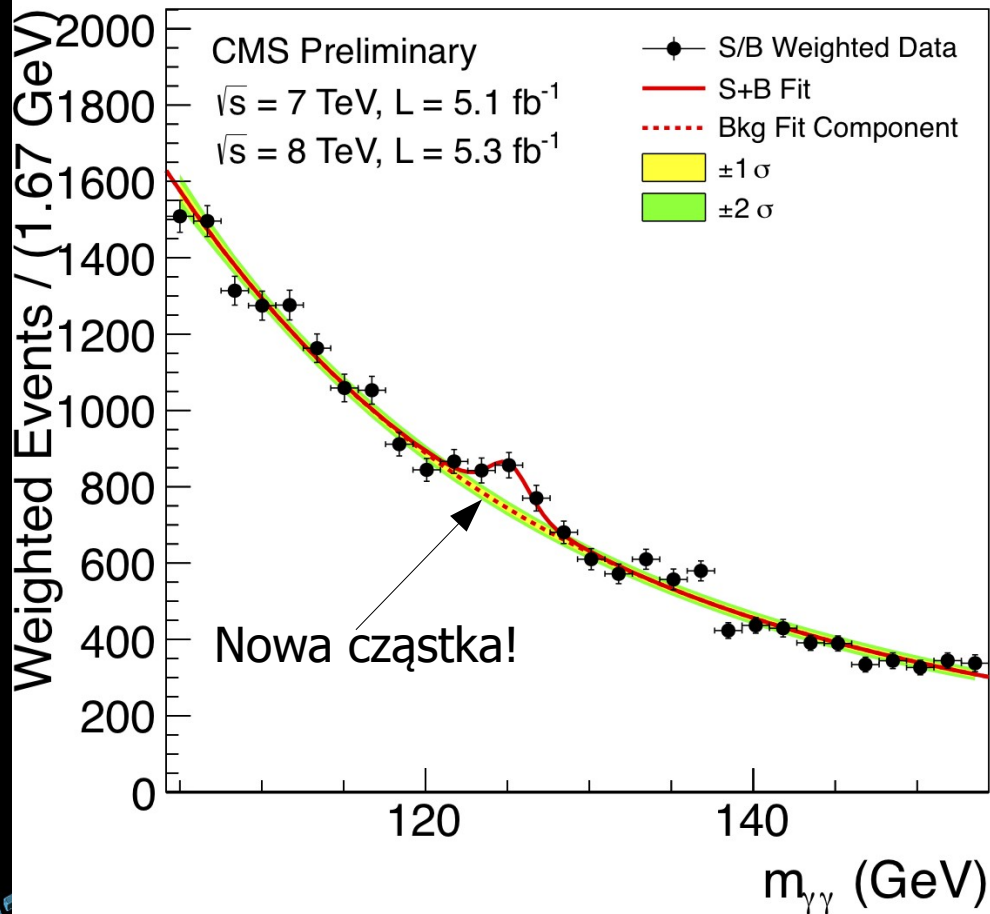




ALICE Control



5 lipca 2012 – nowa cząstka!



ATLAS
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Run: 204769
Event: 71902630
Date: 2012-06-10
Time: 13:24:31 CEST



François Englert

Nagroda Nobla z Fizyki 2013

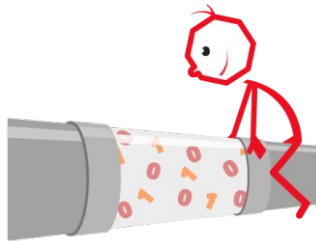
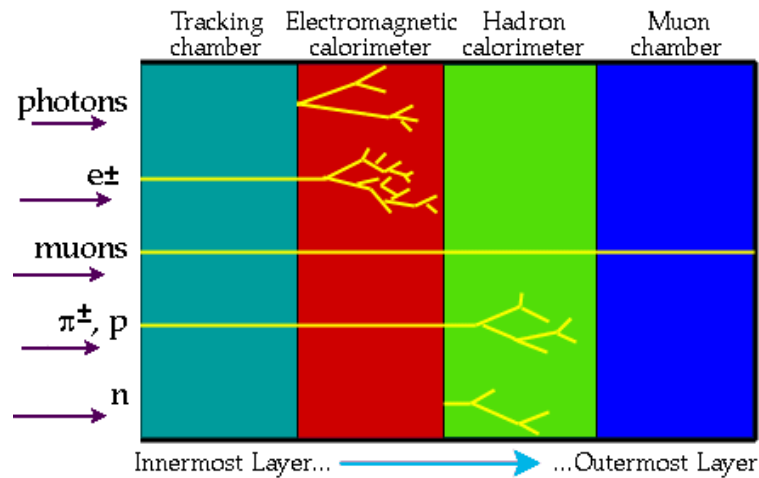


Peter Higgs

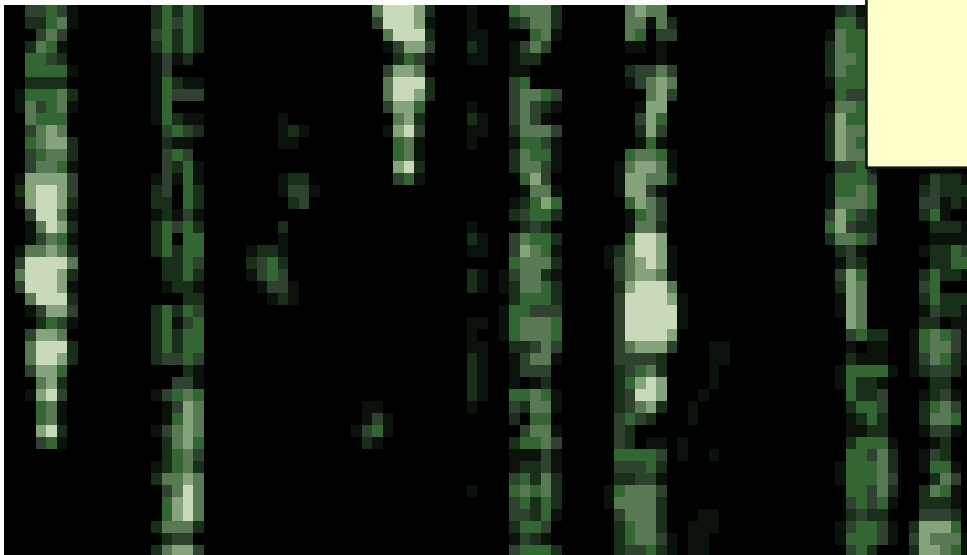
Uzasadnienie komisji Noblowskiej:

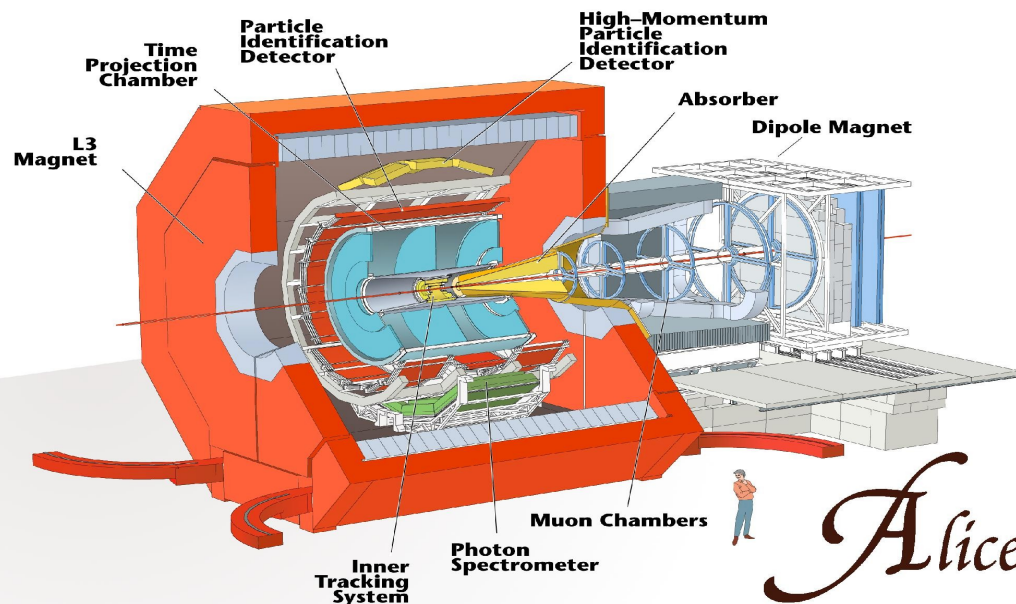
„for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider”

Natłok Danych



- Częstotliwość przecinania się: 40 MHz
potencjalnie 600 milionów zderzeń/s
- 100-10'000 “interesujących” zderzeń/s
- Miliony kanałów pomiarowych
- 1-50 Mb danych na zderzenie
po wstępnej redukcji i kompresji
- Konieczność drastycznej selekcji zderzeń tak,
by utrzymać koszty na rozsądnym poziomie





Współpraca ALICE:

Rozmiar w porównaniu do:

~ 1/2 ATLAS, CMS, ~ 2x LHCb

~1000 uczestników, 30 krajów,

~ 80 instytucji

Waga	10,000t
Średnica zewnętrzna	16.00m
Całkowita długość	25m
Pole Magnetyczne	0.5T

8 kHz (160 GB/sec)

level 0 - special hardware

200 Hz (4 GB/s)

level 1 - embedded processors

30 Hz (2.5 GB/s)

level 2 - PCs

30 Hz (1.25 GB/s)

storage &
offline analysis



GRID

Ogromna ilość danych

Beam Type

Recording
(Mass Storage)

Data
Archived

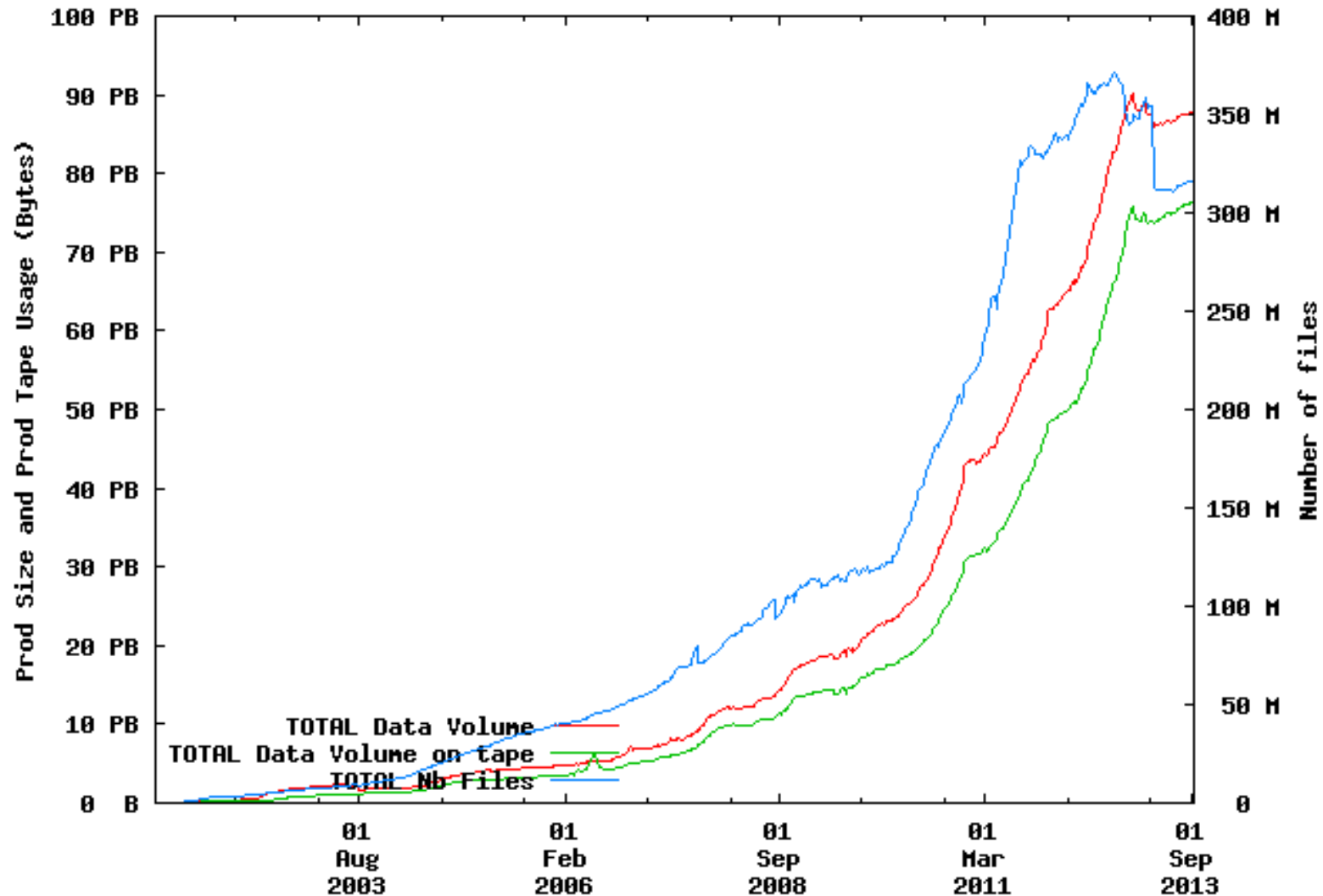
ALICE

ATLAS

CMS

LHCb

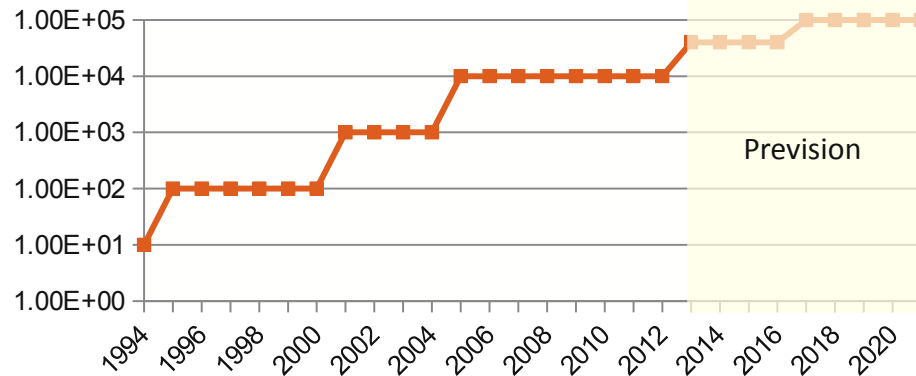
Experiments Production Data in CASTOR



Generated Sep 10, 2013 CASTOR (c) CERN/IT

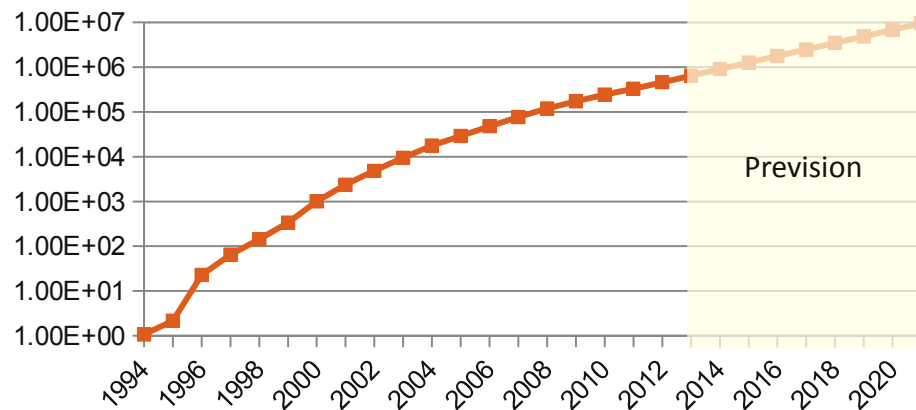
Wyzwanie #1: Pozyskiwanie danych

Ethernet NIC cards (Mb/s)



↑
ALICE proposal

Total Internet Traffic (PB/year)



↑
ALICE proposal

W 1995 (ALICE 1 GB/s, 1PB/yr)

- Pamięci: początkowo dedykowane, teraz używana pamięć systemowa PC
- Multiplexing: wiele źródeł i odbiorców danych

W fazie R&D (1990-96) był to znaczący problem

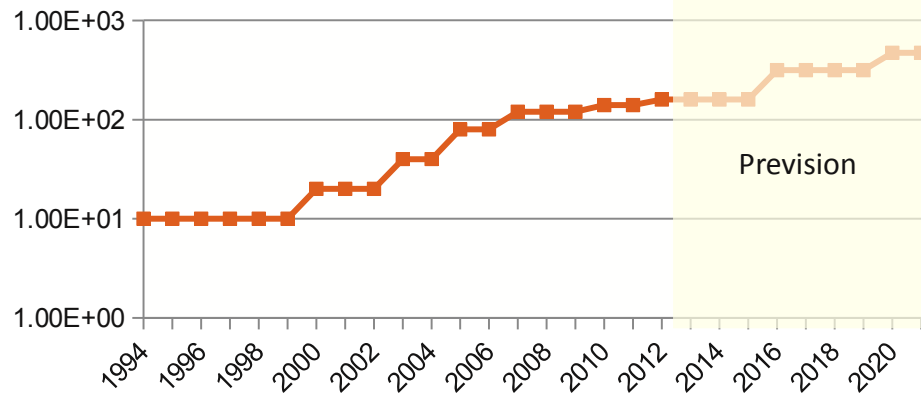
W 1995 pojawiają się szybkie przełączniki Ethernet

Przepustowość wzrosła a ceny spadły dzięki ogromnemu rynkowemu zapotrzebowaniu spowodowanemu powstaniem Internetu

→ Pamięć do przechowywania, transport i multiplexing to rozwiązania z rynku

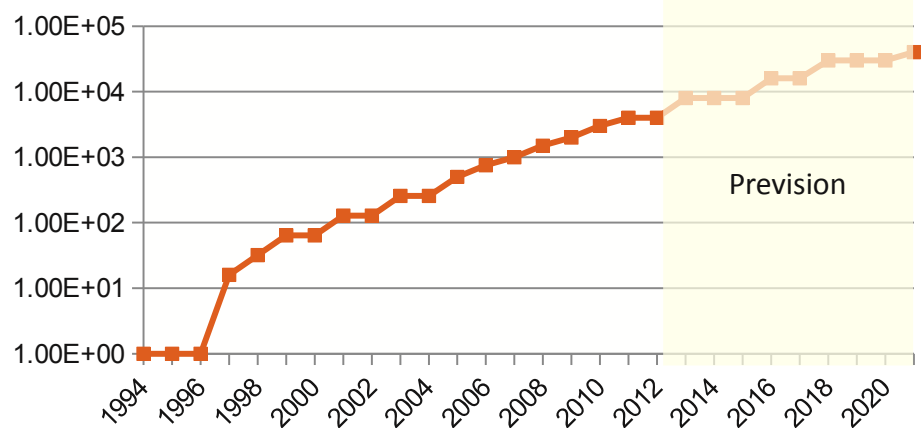
Wyzwanie #2: Magazynowanie Danych

Mid-Range Tape (MB/s)



ALICE proposal

Hard Disk Capacity (GB)



ALICE proposal

Dziedzina tradycyjnie bazowała na rozwiązaniach taśmowych

W 1995 (ALICE 1 GB/s)

- 1 GB/s $\rightarrow$ 100 czytników taśm
- 1 GB/s to „rozsądny limit”

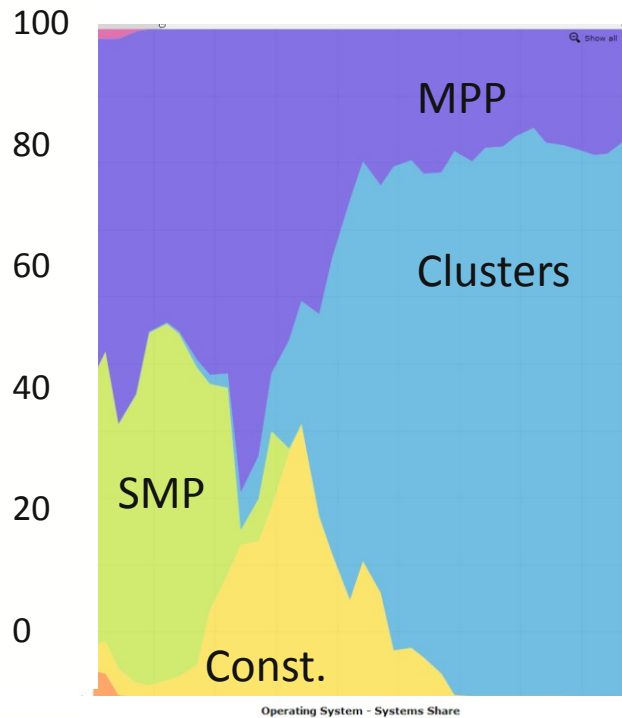
Od tego czasu

- Taśmy powoli ulepszano
- Lawinowy rozwój tanich i pojemnych dysków na rynek PC
- Duże przepustowości dzięki równoległemu odcytowi (RAID)

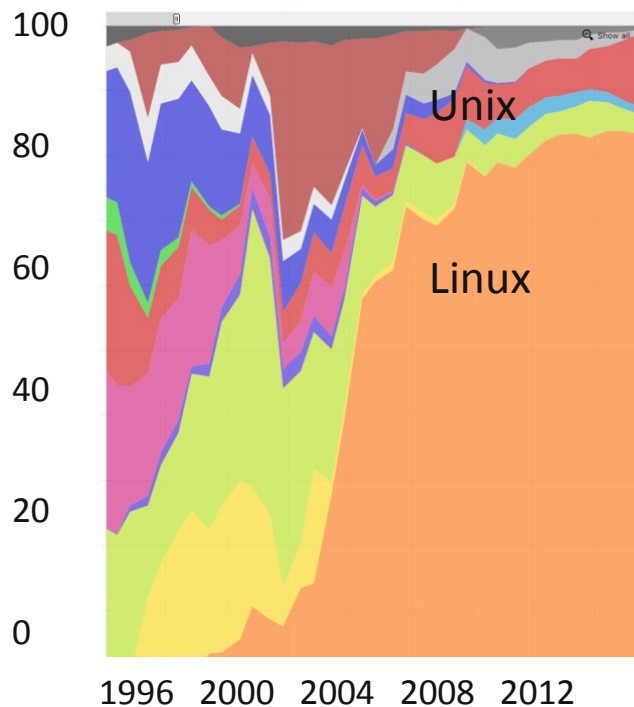
Dziś

- Roczny zbiór danych na dysku
- Magazynowanie danych polega na rozwiązaniach z rynku

Wyzwanie #3: Przetwarzanie Danych



- Dziedzina fizyki wysokich energii zawsze polegała na masowym wykorzystaniu mocy obliczeniowych do analizy danych
- 60-80-te : **superkomputery** (CDC, Cray i IBM).
- Koniec 80-tych : **mikroprocesory i farmy PC**
- De-facto standard : klastry PC z Linuxem



- 2000-ne: fundusze na obliczenia w CERN niewystarczające do pełnej obsługi obliczeniowej całego eksperymentu
- Brak nadziei na znaczący przełom technologiczny
- Eksperymenty: naukowcy z instytutów z całego świata, wielu z nich dysponuje własnymi centrami z mocami obliczeniowymi
- Wyzwanie: integracja tych różnorodnych centrów tak by zapewniały spójną usługę obliczeniową udostępnianą przez **GRID**

Globalna sieć centrów obliczeniowych

Worldwide LHC Computing Grid: WLCG

Klaster komputerowy:

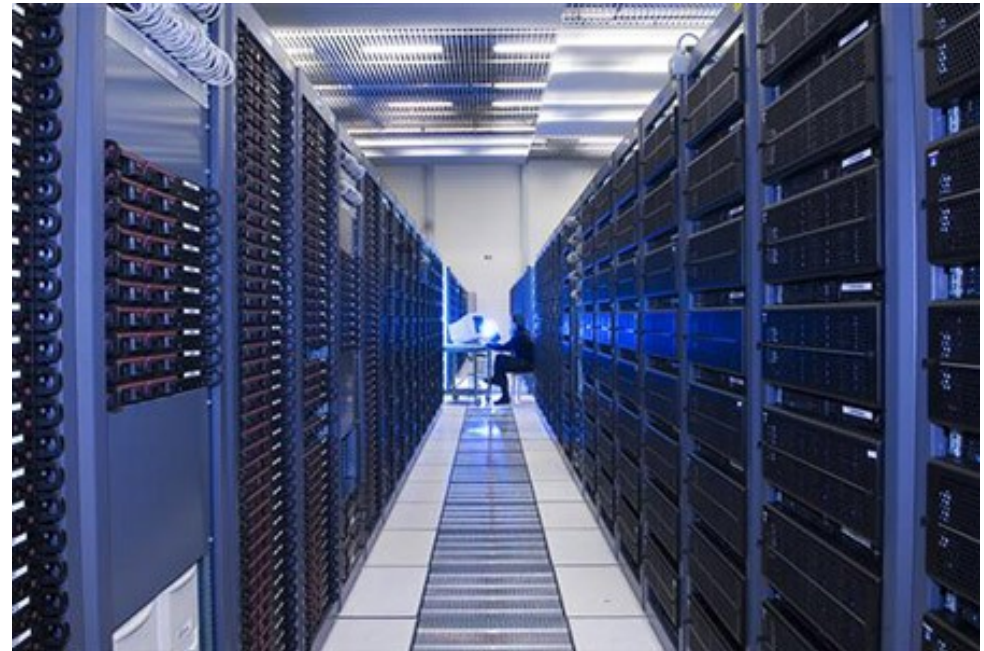
grupa połączonych jednostek komputerowych, które współpracują ze sobą w celu udostępnienia zintegrowanego środowiska pracy.



The Worldwide LHC Computing Grid:

międzynarodowy projekt mający na celu usprawnienie przechowywania oraz analizy danych pochodzących z eksperymentów LHC, łączący ponad 150 centrów komputerowych w ponad 40 krajach.

„The Grid is so vast and complicated that attempts to model it using the Grid have actually failed.”



AliEn: GRID dla ALICE



MonALISA Repository for ALICE



[My jobs](#) | [My home dir](#) | [Catalogue browser](#) | [LEGO Trains](#) ★ | [Administration Section](#) | [ALICE Reports](#) | [Alert XML Feed](#) | [Firefox Toolbar](#) | [MonaLisa GUI](#)

ALICE Repository

- ALICE Repository
 - Google Map
 - Shifter's dashboard
 - Run Condition Table
 - Production Overview
 - Production info
 - Job Information
 - SE Information
 - Services
 - Network Traffic
 - FTD Transfers
 - CAF Monitoring
 - SHUTTLE
 - Build system
 - HepSpec
 - Dynamic charts
- close all

This page: bookmark, URL

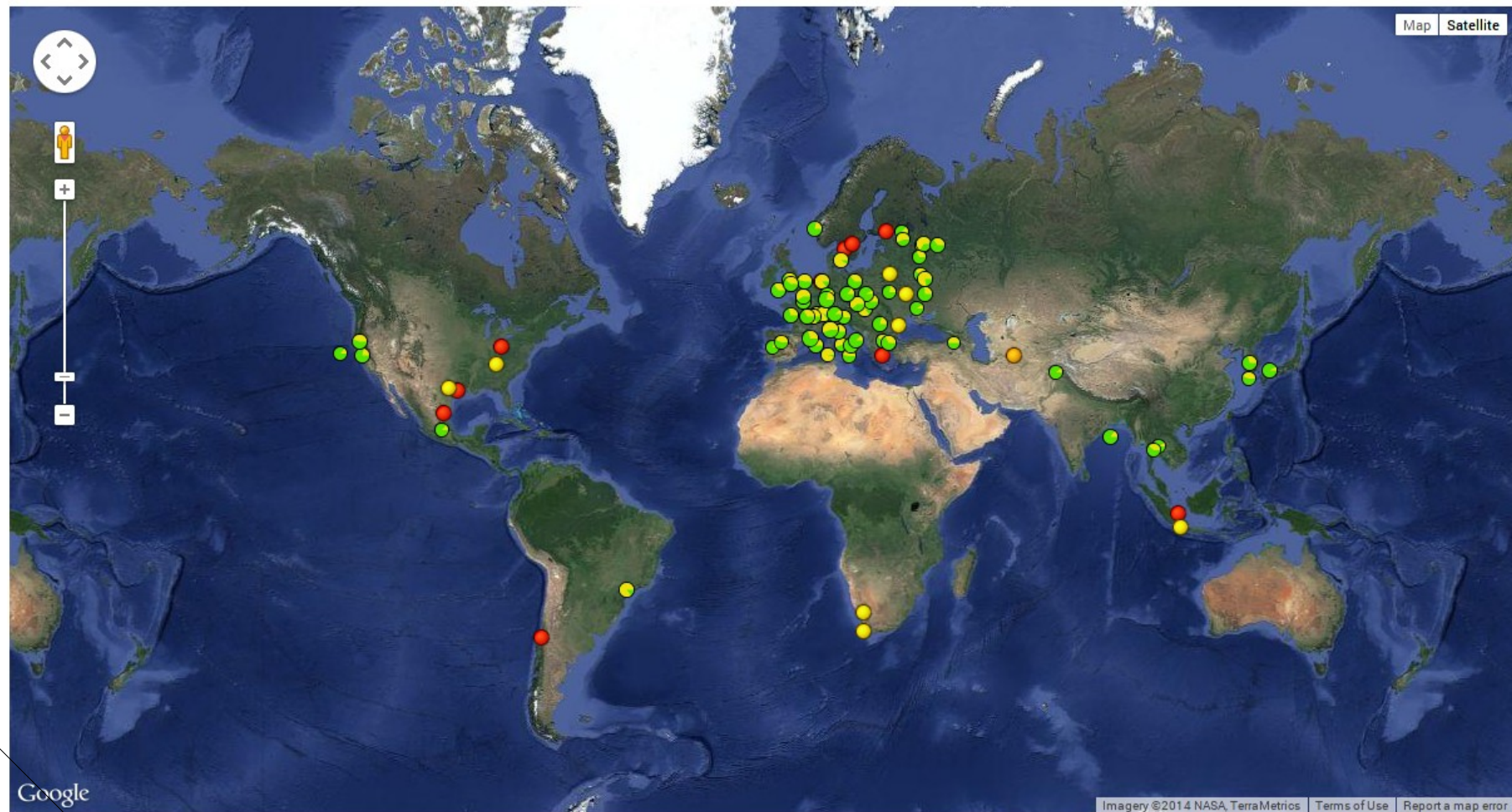
Running jobs trend



Running jobs trend

→ 24h → 12h → 6h → 1h

(click arrows for detailed view)



● Running jobs ● Running jobs but no ML info ● Site service problem(s) prevents job execution ● No jobs match the site resources ● ML service down & no running jobs

[Find your location](#)

Map options

45 000 komputerów i 25 000 TB przestrzeni dyskowej
dostępne dla każdego członka kolaboracji ALICE

Wymagania informatyczne

- **Redukcja danych:** 5 PB do 550 kB (publikacja naukowa)
- **Źródło danych:** pojedyncze, **1GB/s**, 24/24h, 10 miesięcy/rok
+ symulacje Monte-Carlo (rozproszone, podobna objętość)
- **Archiwizowane** pełnej próbki, z zapewnieniem dostępu.
- **Użytkownicy:** ~1000 naukowców. Gwarancja równoprawnego dostępu do danych i mocy obliczeniowych.
- **Dodatkowo:**
 - Kod analizujący tworzony w sposób ciągły od lat 90-tych do końca trwania eksperymentu
 - Autorzy kodu nie są zawodowymi informatykami.
 - Czas życia eksperymentu: kilkadziesiąt lat.

Transformacja danych

- **Dane z detektora:** bezpośredni odczyt z elektroniki. Ciągły lub co 25 ns. Strumień: setki GB/s. Niestrukturyzowane. Nie zapisywane.
- **Dane „surowe”** - dane z poddetektorów łączone w „zdarzenie”.
 - Wybór „interesujących” zdarzeń (wyzwalanie - „trigger”)
 - Redukcja strumienia do poziomu możliwego do zapisu: ~GB/s.
 - Logiczna kwantyzacja danych w zdarzenia.
 - Czytane kilka razy.
- **Dane „zrekonstruowane”** - interpretacja fizyczna danych
 - Zdarzenie to zbiór „torów” - trajektorii przypisanych cząstkom.
 - Znacząca redukcja objętości (MB/zdarzenie).
 - Wynik: pliki ESD wielokrotnego użytku.
- **Dane „przefiltrowane”** - ekstrakcja minimum informacji potrzebnych do analiz fizycznych, redukcja informacji „detektorowej”.
 - Redukcja objętości (co najmniej czynnik 5).
 - Wynik: pliki AOD, bezpośrednio do analiz
 - Wiele kopii rozmieszczonych fizycznie w różnych centrach.

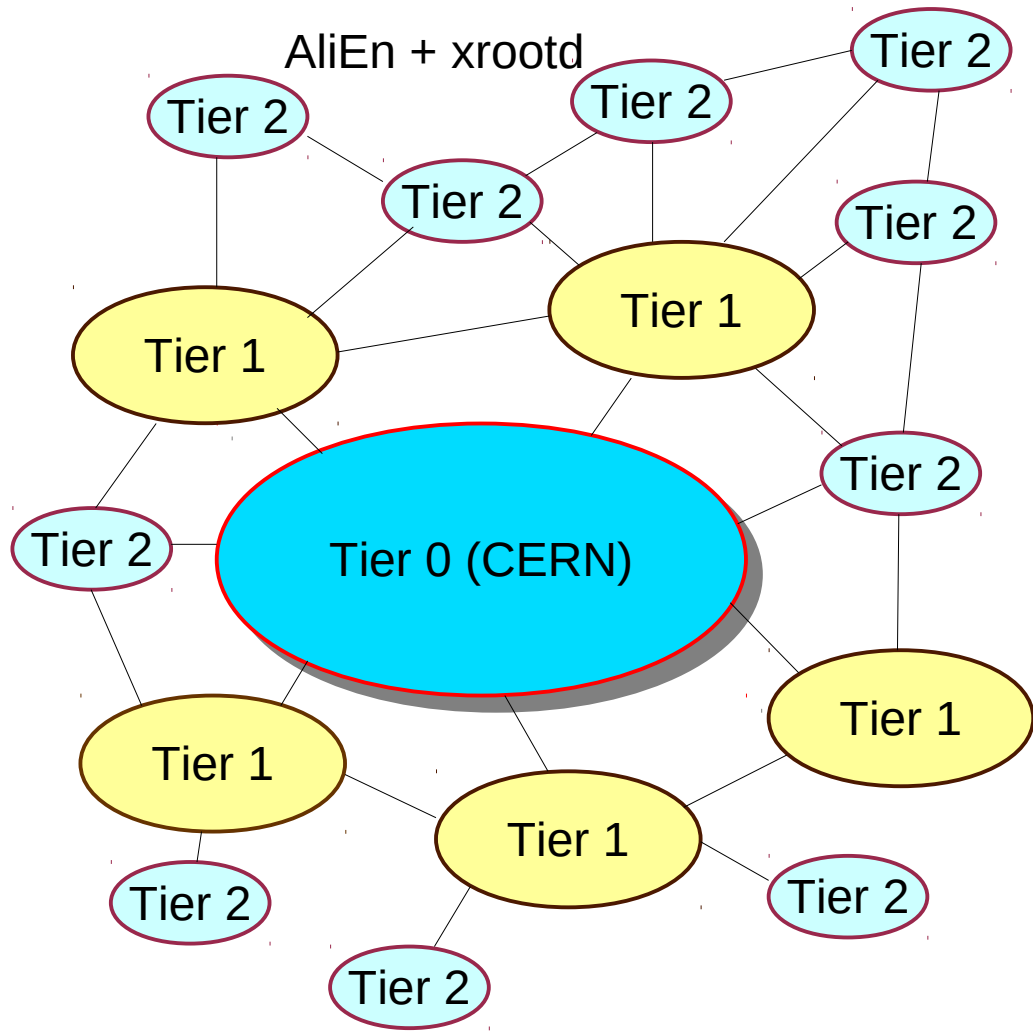
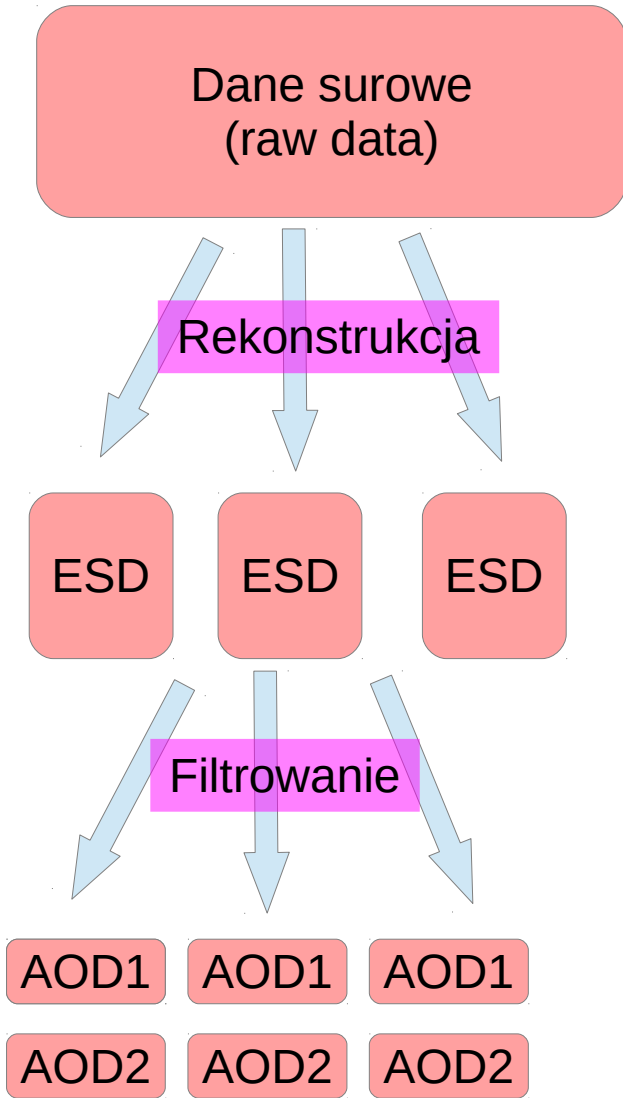
Oprogramowanie

- Redukcja detektor->dane surowe:
 - elektronika detektora i systemów wbudowanych („embedded”), często programowalnych.
 - Dedykowane, zaprojektowane i wykonane od zera układy.
- „**Rekonstrukcja**”: kod dedykowany, ściśle związany z detektorem, C++, rozwijany na bieżąco, równoległe do procesu projektowania, budowy i działania detektora. Ciągły rozwój i testowanie. Poprawność wyników zależy także od poprawności kalibracji. Zwykle do 4 „sesji” rekonstrukcji dla danej próbki danych surowych, na GRID.
- „**Filtrowanie**”: kod dedykowany, stworzony w C++, dostosowany do aktualnego programu badawczego, a więc zmieniany na bieżąco. Modularny, kilka wersji filtrowania dla każdej próbki danych, na GRID.
- Kod „**analizujący**”: tworzony w C++ przez użytkowników końcowych (fizyków). Aktywnie rozwijany. Uruchamiany na GRID, korzysta z AOD.

Organizacja centrów ALICE

- System obliczeniowy ALICE to GRID łączący centra obliczeniowe w instytucjach członkowskich.
 - Tier 0, CERN: >10k CPU, kilka PB dysków+taśmy
 - Tier 1, 7 wybranych dużych ośrodków: FZK (Niemcy), CCIN2P3 (Francja), CNAF (Włochy), NIKHEF i SARA (Holandia), RAL (Wielka Brytania), KISTI (Korea): 1-4k CPU, ~1 PB dysków, >100 TB taśmy
 - Tier 2, pozostałe centra obliczeniowe, <1k CPU, ~kilkaset TB dysków
 - Tier 3: małe instalacje testowe
- Centra obliczeniowe połączone technologiami AliEn, XROOTD
- Dodatkowo istnieją dedykowane klastry obliczeniowe do analiz interaktywnych PROOF (AAF, CAF)

Kluczowy paradygmat: warstwowość



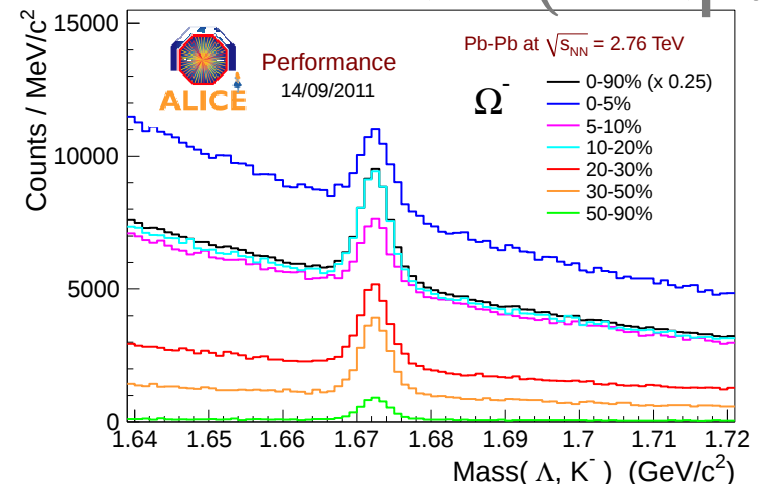
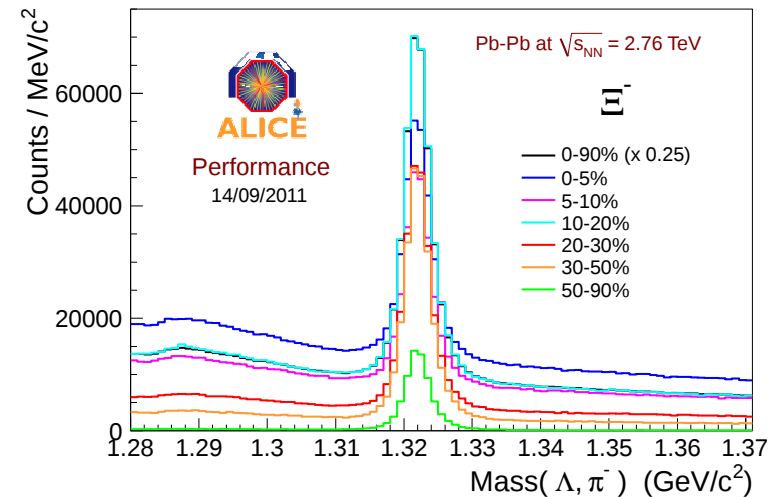
ALICE Grid: AliEn

- AliEn: działający prototyp już w 2002 r.
 - Jeden interfejs do pełnych zasobów rozproszonych dla wszystkich fizyków ALICE
 - Katalog plików, kontrola i uruchamianie obliczeń, zarządzanie oprogramowaniem, analizy fizyczne
- Aktualnie łączy ~100 instytucji
 - 1 T0 (CERN/Szwajcaria)
 - 7 T1 (Francja, Niemcy, Włochy, Holandia, Wielka Brytania, Korea)
 - pozostałe T2 na 4 kontynentach
- ~45,000 (z ~450,000 WLCG na świecie) rdzeni i 25 PB dysku
- Zasoby są “połączone” (“zsumowane”)
 - Nie ma sztywnego podziału ról / funkcji pomiędzy centrami
 - Aby zasoby krajowe były uznane za dostępne muszą być w pełni zintegrowane z systemem
 - Agencje finansujące dostarczają zasoby proporcjonalnie do liczby naukowców z danego kraju

<http://alien.cern.ch>

Podstawowe pojęcia analizy ALICE

- Obiekt analizy: zdarzenie (jedno lub kilka zderzeń)
 - Do kilkunastu MB/zdarzenie
 - Każde zderzenie niezależne: masowa równoległość
- Zderzenia grupowane w:
 - „Runs” - zebrane w pojedynczym „włączeniu” detektora: do kilku milionów
 - „Periods” - miesiąc działania LHC: do kilkuset milionów
- Modele analizy
 - Analiza przygotowawcza (kalibracja, alignment, rekonstrukcja, analiza) @CERN, „jak najszybciej”, automatycznie uruchamiana na GRID
 - Analiza wsadowe: GRID (zorganizowana lub indywidualna)
 - Analiza lokalna (na małym wycinku danych)
 - Analiza interaktywna PROOF+GRID
- Dostęp do GRID przez AliEn lub ROOT
- Dedykowane klastry do interaktywnej analizy równoległej PROOF/ROOT
- Ten sam kod lokalnie, w PROOF i Grid

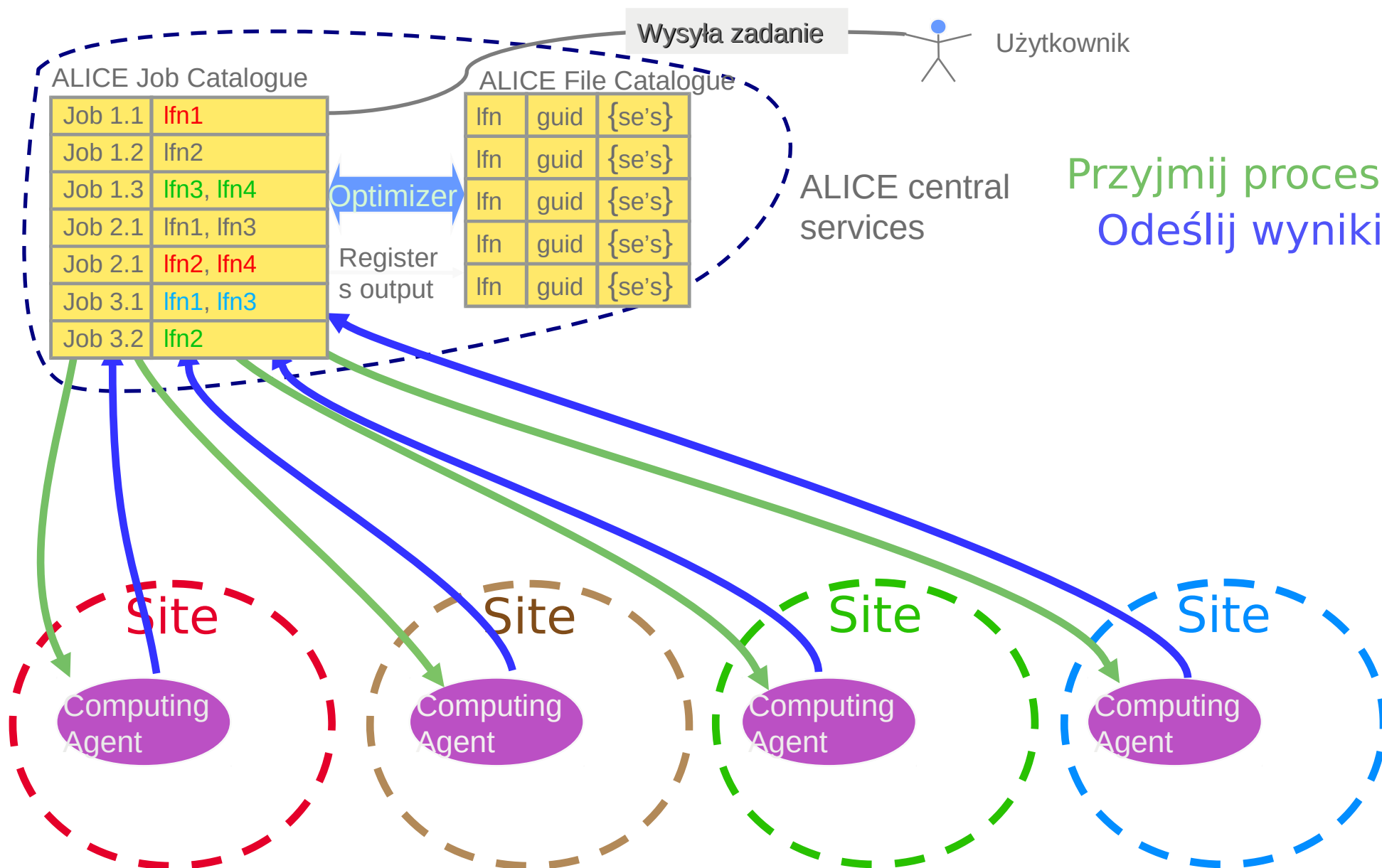


Konwersja danych surowych na dane użyteczne do analiz

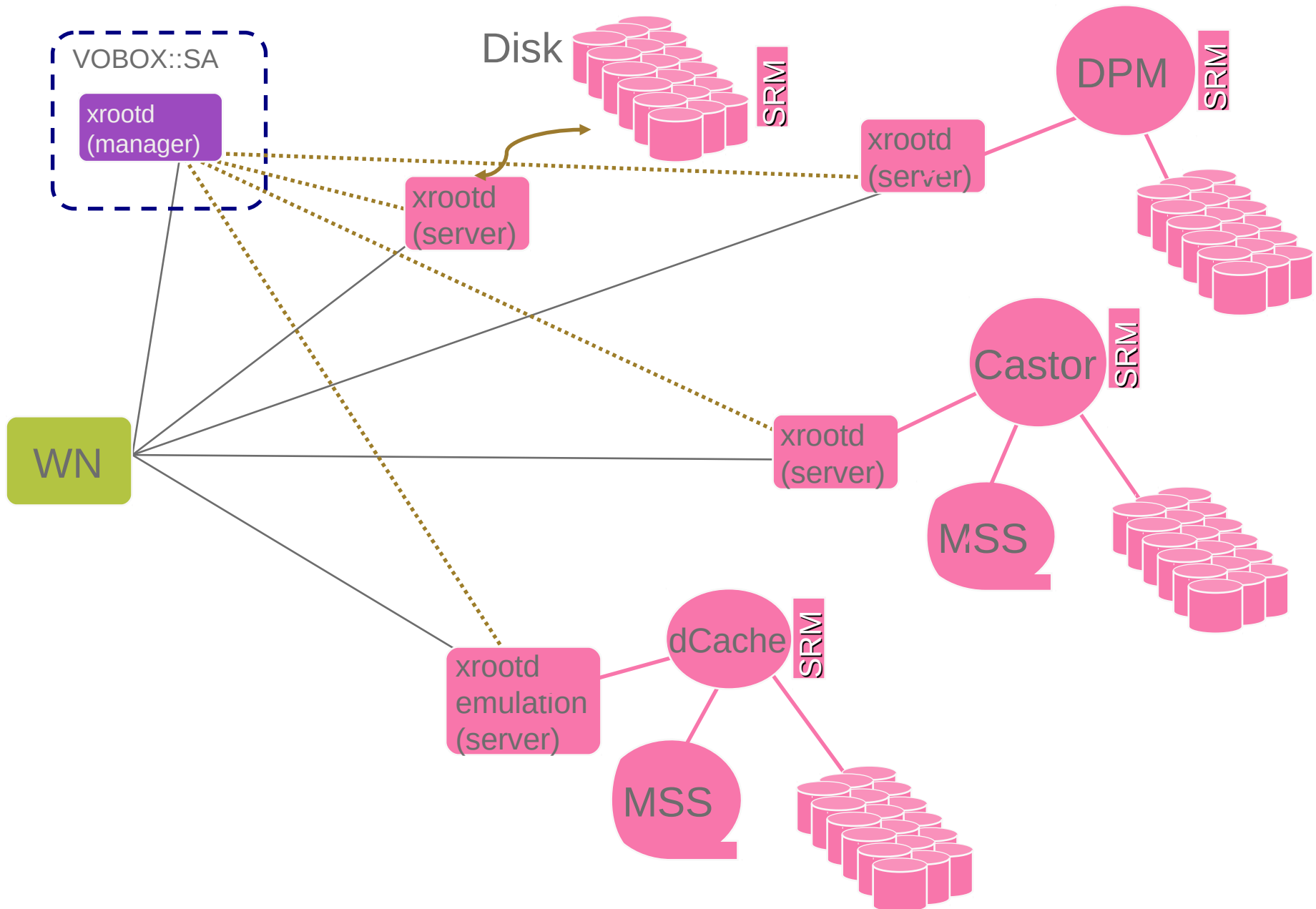
- Działa bez przerwy pomimo szybko ewoluującego kodu i warunków zbierania danych
- kilkaset cykli operacji
- $17 \cdot 10^9$ zdarzeń (RAW) poddanych konwersji (3350 CPU*lat obliczeń)
- Przetworzono 25PB danych
 - Wynik: 2.2PB plików do analiz (ESD) i innych danych (321 lat trwał ich zapis)

RAW Production Cycles												
				Raw data			Reconstructed			Timing		
Production	Description	Status	Run Range	Runs	Chunks	Size	Chunks	Size	Events	Running	Saving	
LHC13d_CleanESD_enabled	LHC period LHC13d - test with CleanESD enabled (ESD and AOD size difference)	Completed	195681 - 195873	26	48,502	37.34 TB	44,534	91%	11.77 TB	34%	9,139,558	26y 239d 70d 15:42
LHC12i_muon_calor_pass2	LHC period LHC12i - Pass2, reco for Muon + Calorimeters	Completed	192745 - 193766	73	59,723	56.71 TB	59,710	99%	1.593 TB	2%	64,881,915	5y 6d 131d 16:30
LHC12h_muon_calor_pass2	LHC period LHC12h - Pass2, reco for Muon + Calorimeters	Completed	189183 - 192732	277	210,119	192.1 TB	208,753	99%	5.59 TB	2%	237,119,242	21y 9d 1y 39d
LHC13g_pass1	LHC period LHC13g - Full production pass 1	Completed	197470 - 197692	25	28,721	15.38 TB	26,638	92%	6.297 TB	44%	48,667,537	13y 359d 83d 11:58
LHC13g_tpc_spc_vpass1	LHC period LHC13g - repeat of VPass1 run 197471 for TPC	Completed	197471 - 197471	1	656	396.6 GB	54	8%	10.65 GB	32%	68,990	8d 8:40 2:21
LHC10h_vzero	LHC period LHC10h - VZero only reconstruction, ID #42154	Completed	137161 - 139507	16	51,287	83.61 TB	51,213	99%	39.8 GB	0%	2,836,502	286d 20:59 66d 13:48
LHC12h_pass1	LHC period LHC12h - Full production pass 1	Completed	189122 - 192732	214	196,430	226.4 TB	178,798	91%	56.9 TB	27%	192,998,682	133y 231d 1y 56d
LHC13f_CCUP2triggers	LHC period LHC13f - Production with CCUP2 triggered events, equivalent to pass 2, ID #44763	Completed	196646 - 197031	28	54,105	42.43 TB	47,483	87%	25.12 TB	67%	28,251,723	34y 48d 208d 14:36
LHC12h_VdM	LHC period LHC12h - reconstruction of VdM scan runs	Completed	192707 - 192709	3	2,400	2.868 TB	1,366	56%	367.1 GB	21%	5,402,750	1y 10d 4d 23:03
LHC12i_pass1	LHC period LHC12i - Full production pass 1	Completed	192772 - 193766	42	44,044	53.76 TB	36,486	82%	14.34 TB	32%	31,916,842	33y 225d 135d 20:24
LHC period LHC10e - CPass1 (reconstruction)	LHC period LHC10e - CPass1 (reconstruction)	Completed	130795 - 130795	1	4,392	11.67 TB	437	9%	87.82 GB	7%	1,221,156	114d 18:18 1d 15:13
LHC period LHC10e - CPass0 (reconstruction)	LHC period LHC10e - CPass0 (reconstruction)	Completed	130795 - 130795	1	4,392	11.67 TB	438	9%	5.418 GB	0%	1,224,036	119d 21:29 1d 7:29
LHC10e_himult	LHC period LHC10e - reco for high multiplicity analysis, ID#43221	Completed	130795 - 130795	1	4,392	11.67 TB	4,334	98%	1.291 TB	11%	12,070,908	3y 131d 16d 13:21
LHC period LHC10d - CPass1 (reconstruction)	LHC period LHC10d - CPass1 (reconstruction)	Completed	125842 - 125842	1	694	1.809 TB	60	8%	13.08 GB	8%	232,866	17d 7:22 10:46
LHC period LHC10d - CPass0 (reconstruction)	LHC period LHC10d - CPass0 (reconstruction)	Completed	125842 - 125842	1	694	1.809 TB	67	9%	788.7 MB	0%	263,409	17d 20:31 5:26
LHC period LHC10b - CPass0 (reconstruction)	LHC period LHC10b - CPass0 (reconstruction)	Completed	117112 - 117112	1	760	1.997 TB	69	9%	757.2 MB	0%	327,771	16d 10:59 6:28
LHC10d_mult	LHC period LHC10d - reco for multiplicity analysis, ID#42225	Completed	125842 - 125842	1	694	1.809 TB	690	99%	200.1 GB	10%	2,792,672	179d 5:10 4d 12:50
LHC10b_mult	LHC period LHC10b - reco for multiplicity analysis, ID#42225	Completed	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
LHC13f_pass2	LHC period LHC13f - Full production pass 2	Completed	196433 - 197388	85	182,964	143 TB	158,185	86%	52.41 TB	42%	31,945,986	108y 359d 2y 138d
LHC13e_pass2	LHC period LHC13e - Full production pass 2	Completed	195935 - 196311	33	71,605	55.11 TB	66,898	93%	22.86 TB	44%	24,089,240	45y 51d 233d 5:44
LHC13d_pass2	LHC period LHC13d - Full production pass 2	Completed	195681 - 195873	26	48,502	37.34 TB	43,497	89%	14.7 TB	43%	8,922,589	30y 109d 126d 13:23

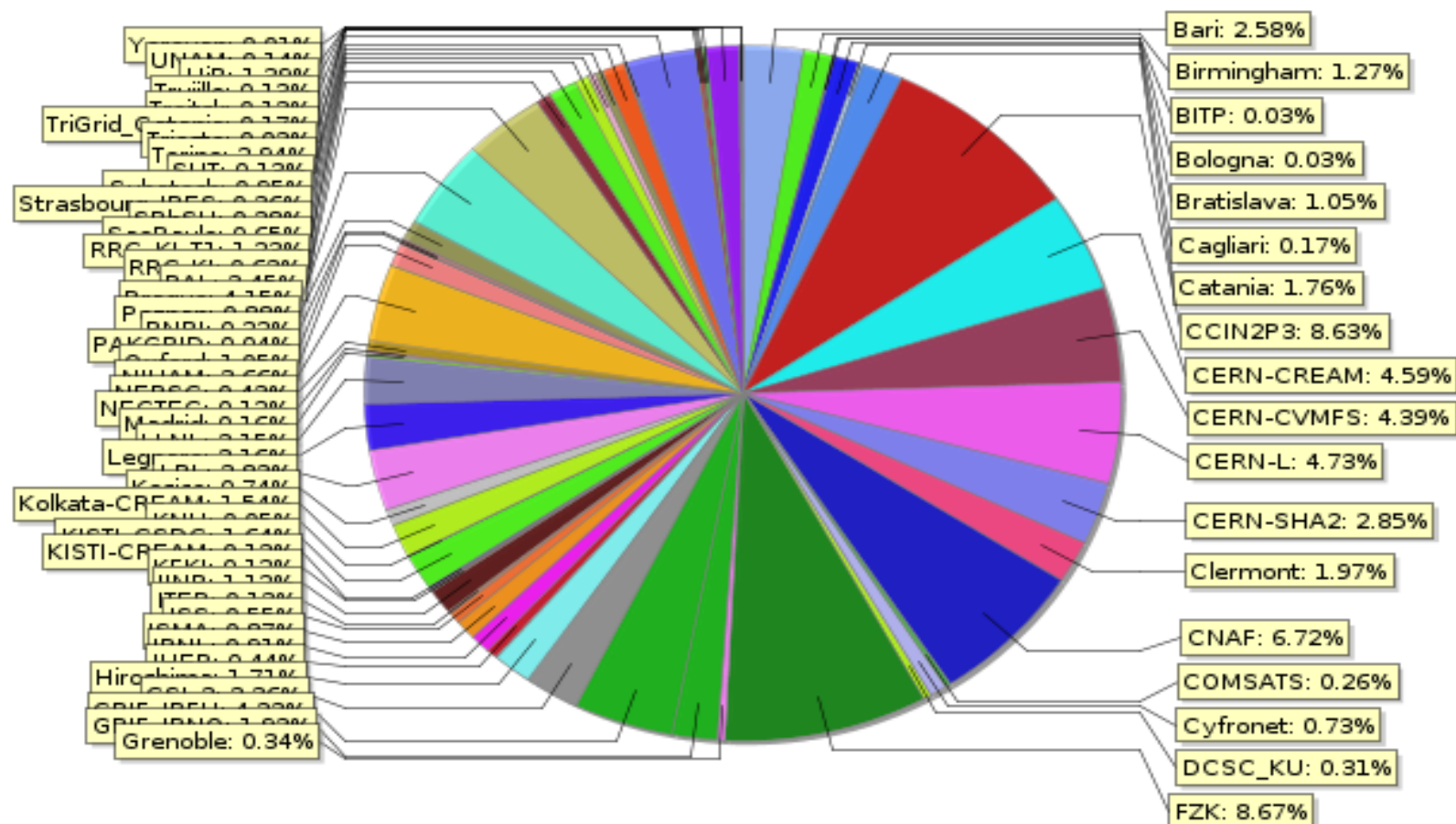
Analiza tam gdzie dane



Magazynowanie danych



Pełny monitoring: MonALISA



- Bari
- Birmingham
- BITP
- Bologna
- Bratislava
- Cagliari
- Catania
- CCIN2P3
- CERN-CREAM
- CERN-CVMFS
- CERN-L
- CERN-SHA2
- Clermont
- CNAF
- COMSATS
- Cyfronet
- DCSC_KU
- FZK
- Grenoble
- GRIF_IPNO
- GRIF_IRFU
- GSI_2
- Hiroshima
- IHEP
- IPNL
- ISMA
- ISS
- ITEP
- JINR
- KFKI
- KISTI-CREAM
- KISTI_GSDC
- KNU
- Kolkata-CREAM
- Kosice
- LBL
- Legnaro
- LLNL
- Madrid
- NECTEC
- NERSC
- NIHAM
- Oxford
- PAKGRID
- PNPI
- Poznan
- Prague
- RAL
- RRC-KI
- RRC_KI_T1
- SaoPaulo
- SPbSU
- Strasbourg_IRES
- Subatech
- SUT
- Torino
- Trieste
- TriGrid_Catania
- Troitsk
- Truillo
- UliR
- UNAM
- Verevan

Podsumowanie

- Analiza danych na LHC to gigantyczne wyzwanie informatyczne
- System obliczeniowy ALICE i LHC to dojrzały projekt, zawierający narzędzia do symulacji, rekonstrukcji, kalibracji, procedur „alignment”, wizualizacji i analizy danych
- Działa z “prawdziwymi danymi” od 2009 r.
 - Wyniki na kilka prestiżowych międzynarodowych konferencji otrzymano na czas
- Zasoby dostępne w systemach GRID i AF wystarczają na zaspokojenie potrzeb konwersji danych RAW, symulacji oraz analiz użytkowników
 - Choć zawsze im więcej tym lepiej
- Stabilna praca centrów obliczeniowych
 - Oprogramowanie i architektura AliEn działa stabilnie i wymaga niewielu zmian