

Polska w CERN

Agnieszka Zalewska

Konferencja Kół Naukowych Studentów Fizyki, Cieszyn, 20.05.2006

Zmodyfikowany referat z

sesji naukowej z okazji 50-lecia IPJ, 16.06.2005

Materiały:

„Polska w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN”,
wydawnictwo PAU, Kraków 2004

J.Engelen, J. Królikowski, R. Sosnowski, H.Wenniger - referaty
wygłoszone podczas sesji naukowej w PAU, 23. 10.2004

Artykuły w Physics Reports 403-404 (2004) 1-504

K.Hübner, D.Treille, G.Veneziano, D.O.Williams - referaty wygłoszone
w CERN w dniach 13-16.09.2004

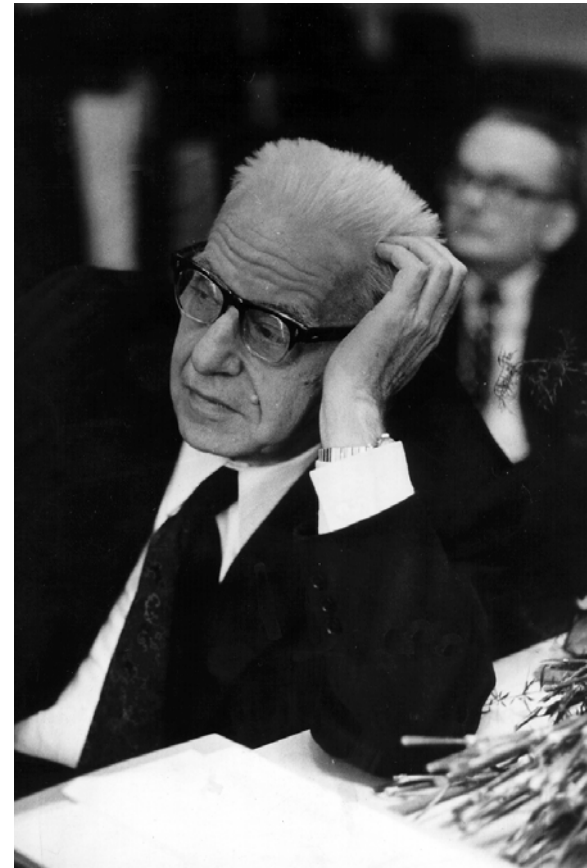
Materiały z zebrań SPC - za zgodą autorów referatów

**I - Tytułem wstępu
trochę historii, garść statystyki**

Ojcowie - fundatorzy polskiej fizyki cząstek



Profesorowie
Jerzy Pniewski i Marian Danysz



Profesor
Marian Mięśowicz

Początki, ale także dynamiczne

Pierwsze wyjazdy polskich fizyków do CERN-u:

1958 - Włodzimierz Zych (z polecenia prof. Andrzeja Sołtana)

1959 - Jerzy Bartke (z polecenia prof. Mariana Mięśowicza)

Lata 60-te - udział polskich grup z Warszawy i Krakowa w analizie danych z komór pęcherzykowych, narodziny polskiej tematyki, fenomenologiczne prace polskich teoretyków

1963 - Polska uzyskuje status państwa-observatora przy Radzie CERN

1991 - Polska zostaje krajem członkowskim CERN

Ze strony CERN-u umowę
o przystąpieniu Polski do
CERN podpisał ówczesny
dyrektor, prof. Carlo Rubbia

A.Zalewska, Picnic2006

W imieniu Rzeczypospolitej Polskiej
PREZYDENT
Rzeczypospolitej Polskiej
podaje do powszechnej wiadomości:

W dniu 1 lipca 1953 roku została sporządzona w Paryżu a następnie poprawiona Konwencja o utworzeniu Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych oraz Protokół Finansowy stanowiący jej załącznik.

Po zaznajomieniu się z powyższą konwencją oraz Protokołem Finansowym, w imieniu Rzeczypospolitej Polskiej oświadczam, że:

- zostały one uznane za słuszne zarówno w całości jak i każde z postanowień w nich zawartych,
- Rzeczpospolita Polska postanowiła przystąpić do powyższej Konwencji i Protokołu Finansowego,
- Będą one niezmiennie zachowywane.

Na dowód czego wydany został Akt niniejszy opatrzony pieczęcią Rzeczypospolitej Polskiej.

Dano w Warszawie, dnia *13 maja* 1991 roku

PREZYDENT
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Lech Wałęsa

Delegaci Polski do RADY CERN

prof. R. Żelazny 1991 - 1992

prof. J. Niewodniczański od 1992

prof. R. Sosnowski 1991 - 2004

prof. J. Nassalski od 2004

LEP-LHC

SPS

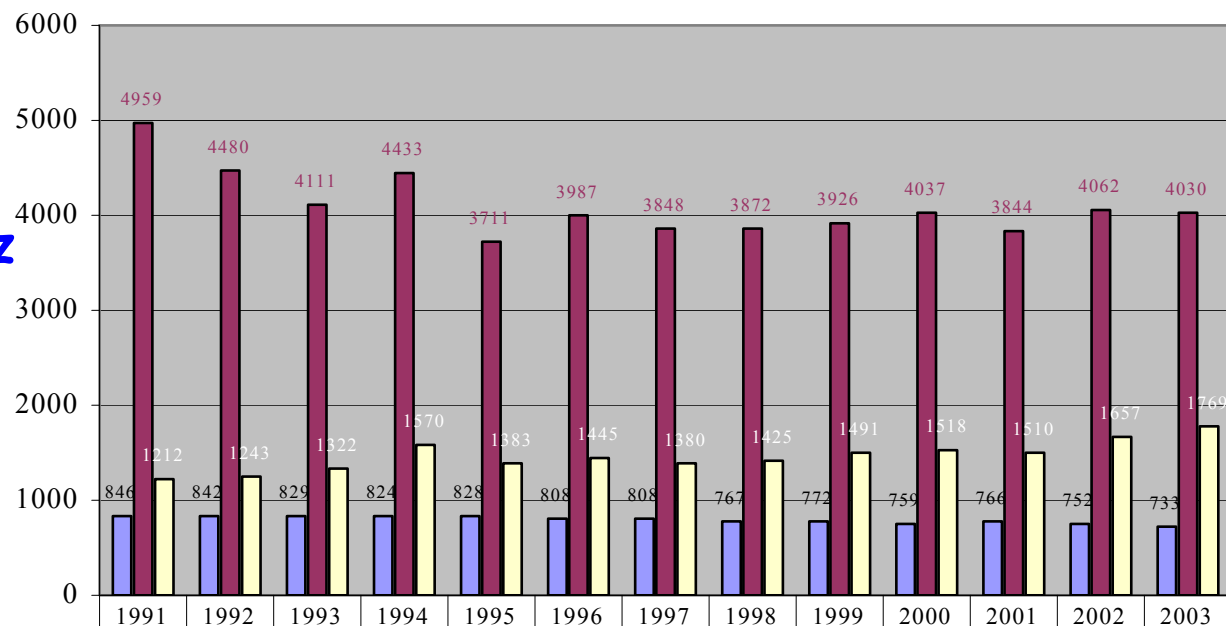


Trochę statystyki

Stali pracownicy CERN-u oraz użytkownicy z krajów członkowskich (MS) i nie-członkowskich (NMS)

Personel CERN

5500-6000 osób:
głównie użytkownicy z krajów członkowskich na czasowych pobytach



■ Pracownicy CERN (ECP + PPE + IT + TH)	846	842	829	824	828	808	808	767	772	759	766	752	733
■ Użytkownicy z MS	4959	4480	4111	4433	3711	3987	3848	3872	3926	4037	3844	4062	4030
■ Użytkownicy z NMS	1212	1243	1322	1570	1383	1445	1380	1425	1491	1518	1510	1657	1769

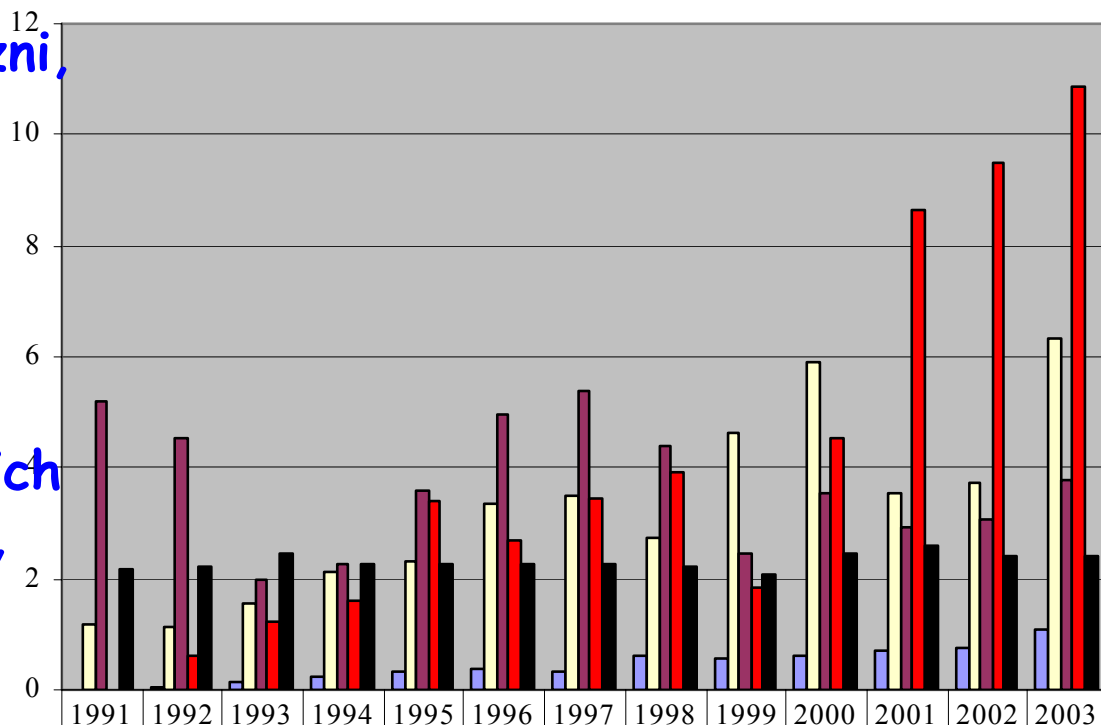
Z.Hajduk, materiały PAU

Trochę statystyki

Procentowy wkład Polski w różne grupy personele u CERN

Studenci (letni, techniczni, doktoranci):

ten aktualnie duży udział procentowy jest nieco złudny, bo chodzi o małe liczby bezwzględne; w przypadku studentów letnich komputer już teraz „dba”, aby były 3 osoby

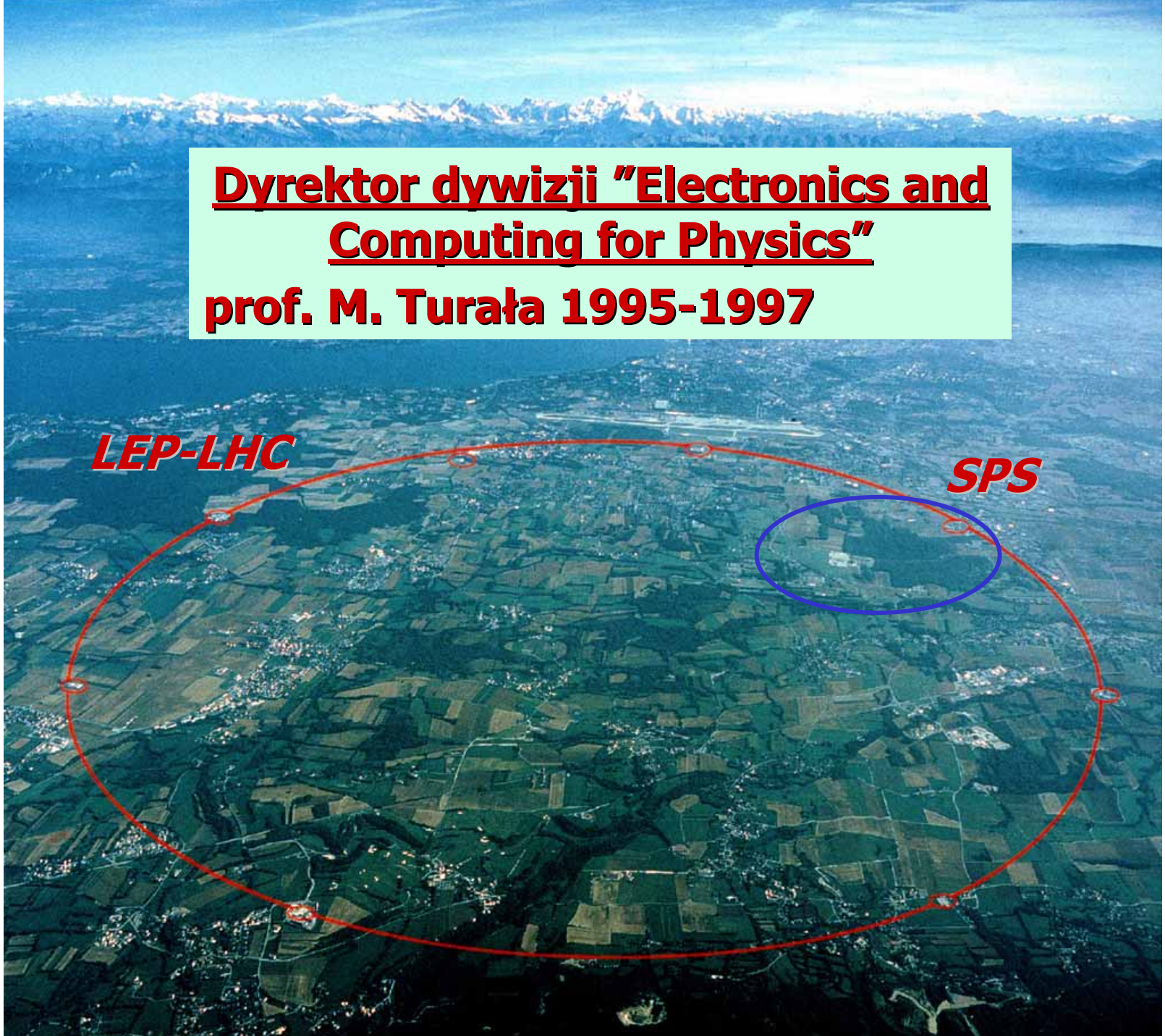


■ Stałi pracownicy	0	0,06	0,13	0,24	0,31	0,38	0,35	0,62	0,59	0,63	0,71	0,75	1,1
■ Stypendyści - fellows	1,2	1,14	1,54	2,14	2,3	3,35	3,5	2,74	4,65	5,91	3,56	3,72	6,33
■ Stypendyści PA (stowarzyszeni)	5,2	4,53	2	2,27	3,59	4,95	5,39	4,4	2,48	3,54	2,95	3,07	3,76
■ Studenci	0	0,613	1,22	1,604	3,382	2,715	3,465	3,922	1,86	4,525	8,654	9,49	10,87
■ Użytkownicy	2,15	2,24	2,44	2,29	2,28	2,25	2,25	2,21	2,1	2,48	2,59	2,43	2,39

**Dyrektor dywizji "Electronics and
Computing for Physics"**
prof. M. Turała 1995-1997

LEP-LHC

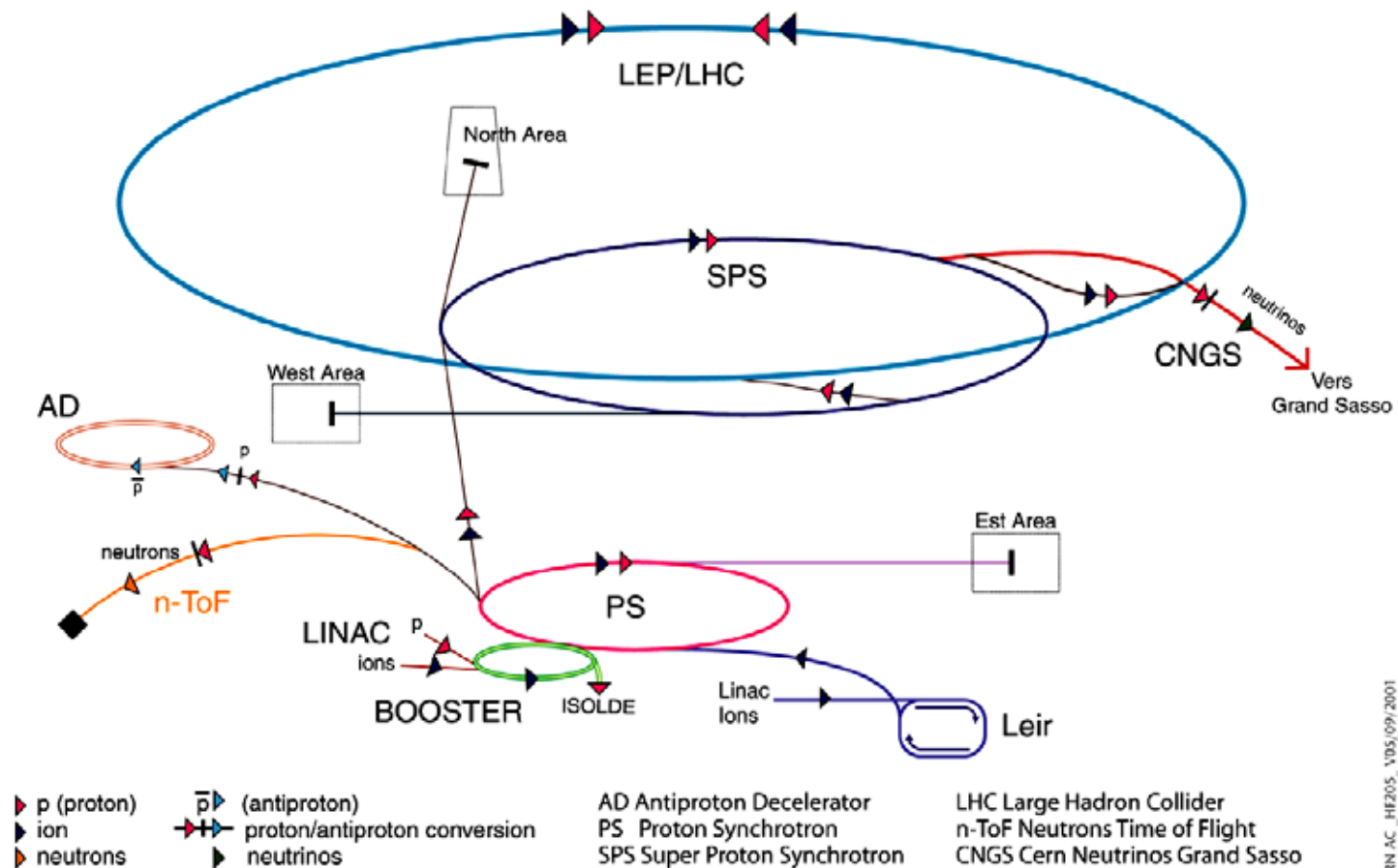
SPS



II - Świetne eksperymenty, wspaniałe wyniki

CERN - akceleratoratory

Accelerator chain of CERN (operating or approved projects)



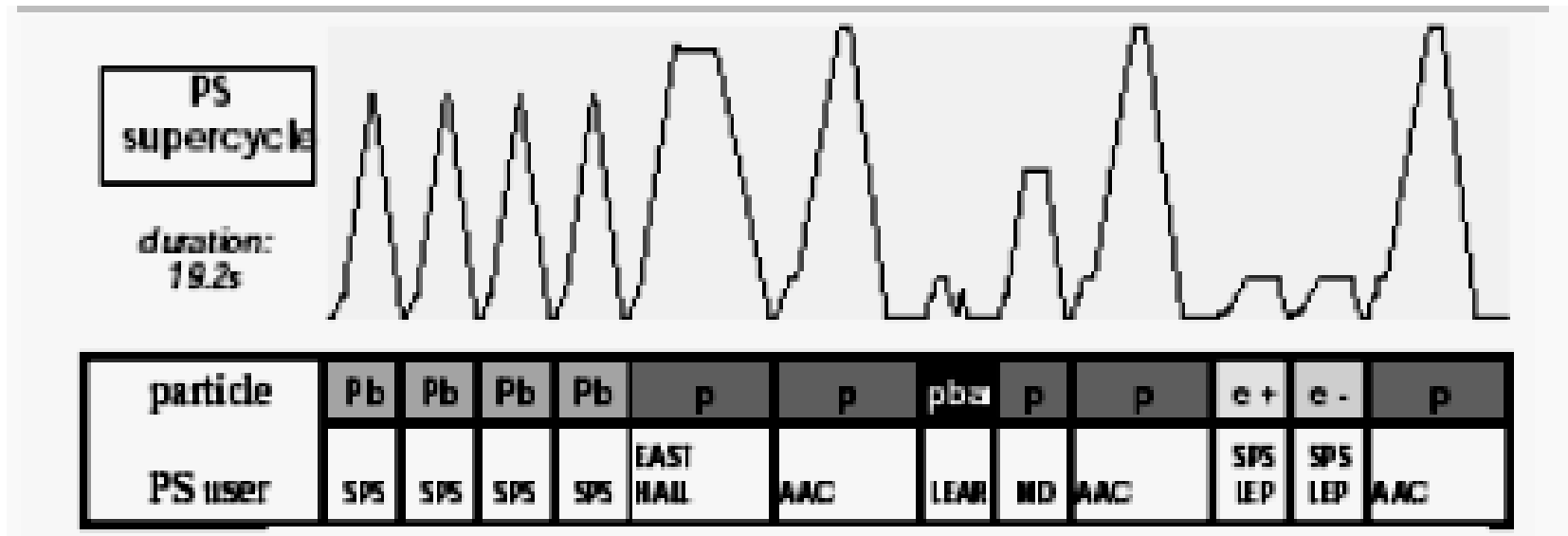
CERN.AC_HEZ05_V05/09/2001

PS - najbardziej „pracowity” akcelerator



1959 - po raz pierwszy wiązka protonów przyspieszona do 28 GeV

Ponizej - supercykl PS w 1996 roku, całkowity czas 19.2 sek



Polacy w eksperymentach CERN-owskich

Synchrocyklotron SC:	3 (2 na ISOLDE)
Booster PS	14 (ISOLDE)
Synchrotron PS:	24 (11 z komorami pęcherzykowymi, 6 na nTOF, 7 innych)
Zderzacz ISR	4
Synchrotron SPS	23 (9 w Hali Zachodniej, 13 w Hali Północnej, 1 emulsyjny)
Zderzacz LEP	1 (eksperyment DELPHI)
Projekty R&D dla LHC	13
Zderzacz LHC	4
CNGS	1 (eksperyment ICARUS)
Łącznie	87 eksperymentów

Z.Hajduk, materiały PAU

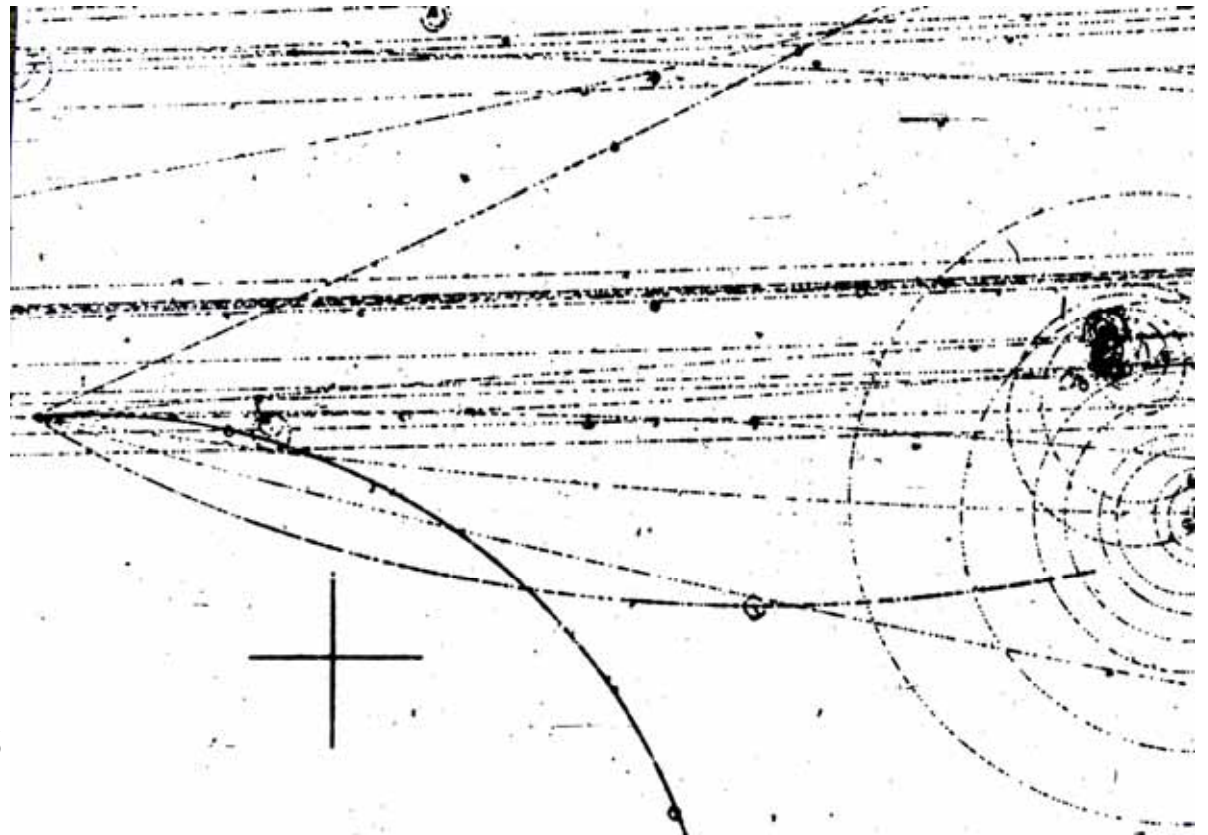
Eksperymenty z zastosowaniem komór pęcherzykowych

Polska tematyka:

oddziaływania z wieloma cząstkami w stanie końcowym
stany końcowe z cząstkami dziwnymi

fenomenologia oparta na modelu kwarków

Lata 60 i 70



Tematyka wysokich krotności zyskuje uznanie

1968

Oleg Czyżewski
wygłasza referat
plenarny na 14th
Int. Conf. On High
Energy Physics
w Wiedniu

Na zdjęciu
O.Czyżewski
referuje w CERN

A.Zalewska, Picnic2006



Kolejne plenarne referaty „rochesterskie”

Andrzej K. Wróblewski: Kijów, 1970

Kacper Zalewski: Londyn, 1974

Ryszard Sosnowski: Tokio, 1978

Jan Nassalski: Warszawa, 1996

Stefan Pokorski: Warszawa, 1996

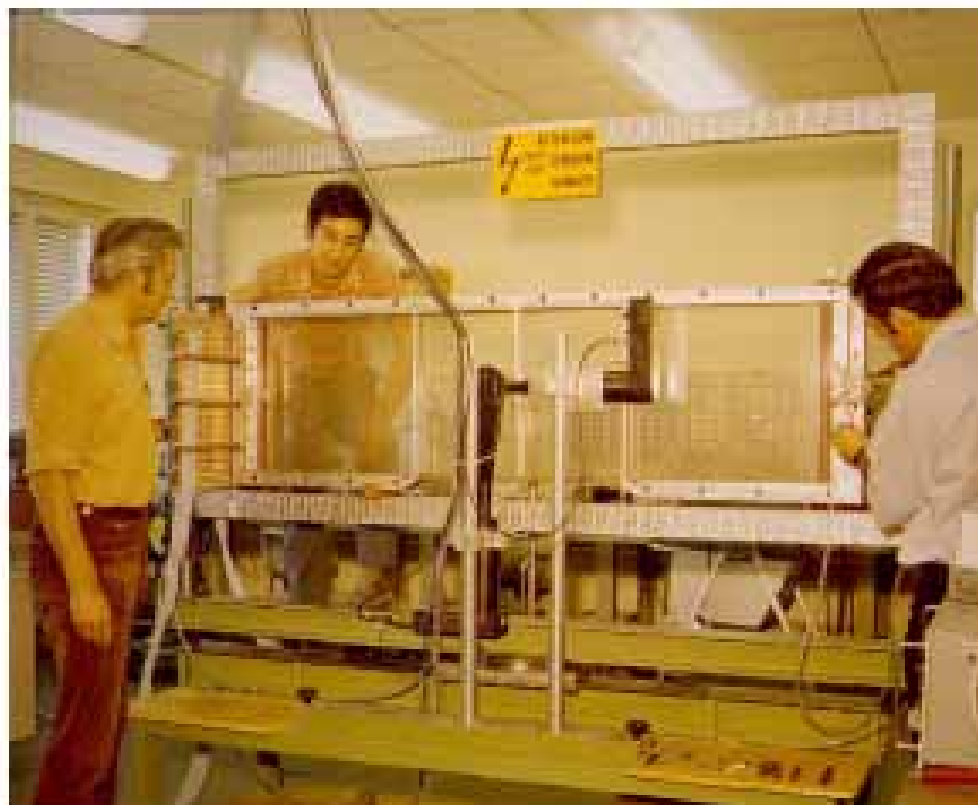
Helena Białkowska: Vancouver, 1998

1968 - G.Charpak i rewolucja drutowa

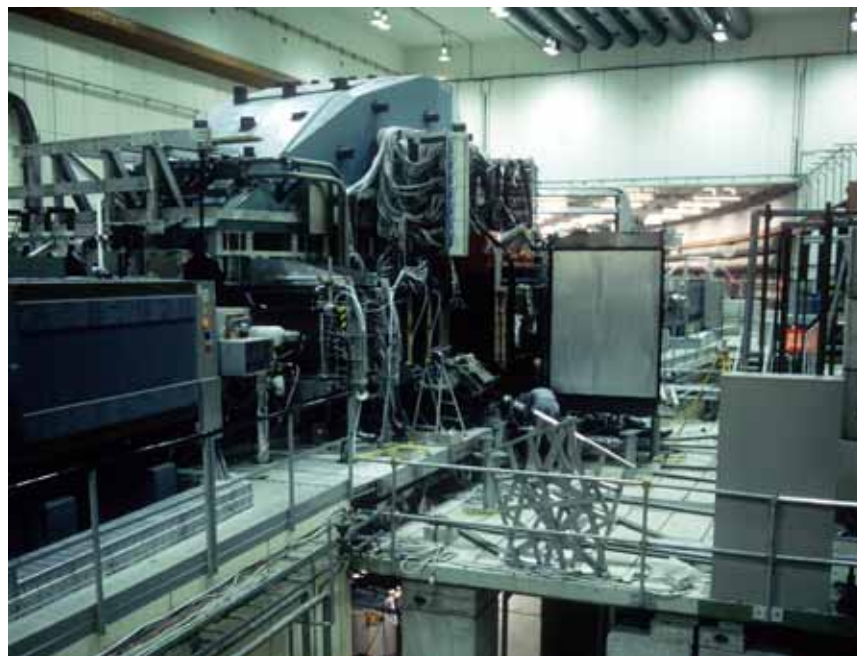
Komory drutowe (proporcjonalne i dryfowe):

- droga do elektronicznych eksperymentów z danymi z detektorów przesyłanymi do komputera, możliwość wyboru interesujących przypadków

1992 - Nagroda Nobla
z fizyki



Detektor SFM (Split Field Magnet) przy ISR (Intersecting Storage Rings)



ISR (1971-1984): pierwszy zderzacz na świecie, ówczesny rekord w dziedzinie próżni, $E_{\max CMS} = 2 \cdot 63 \text{ GeV}$ /wiązkę (27 GeV dla zderzenia wiązka-tarcza przy 400 GeV wiązki), $L_{\max} = 1.4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, maksymalny prąd protonów 57 A

SFM (1974-1984): pomyślany jako uniwersalny detektor

Split Field Magnet



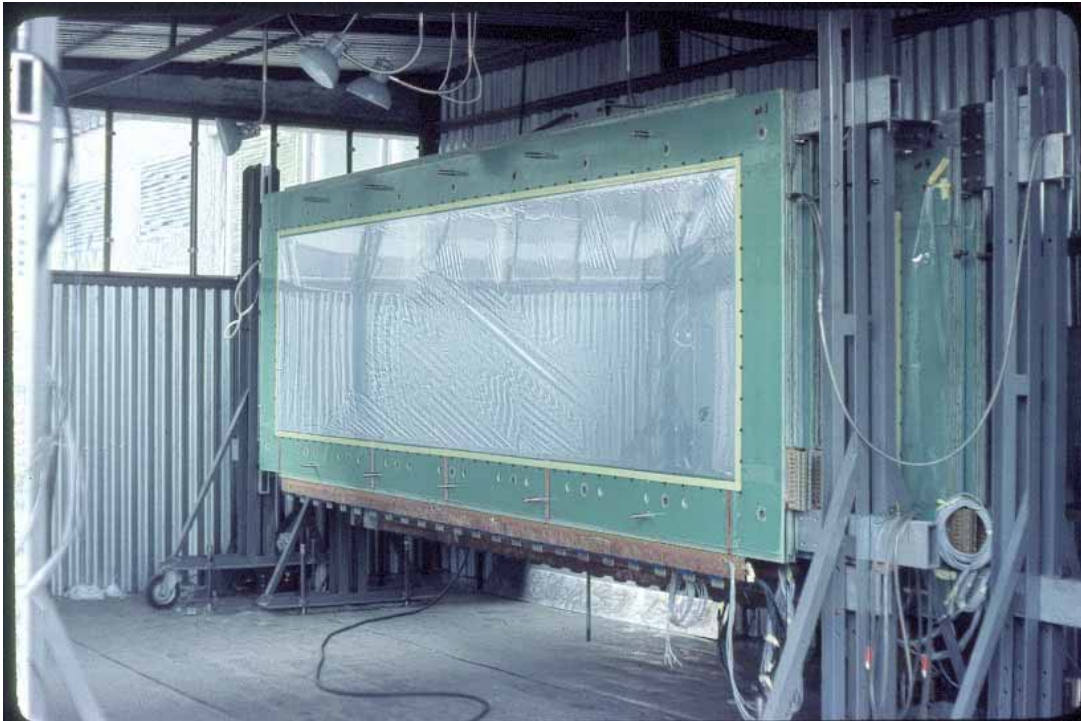
Najpierw pojedynczy fizycy z IPJ, grupa warszawska od 1976 roku

SFM : obserwacja cząstek z dużymi p_{\perp} i do tego w jetach, ustalenie, że są one wynikiem twardego rozpraszania partonów (kwarków i gluonów) w nukleonie

Zastosowanie komór drutowych na dużą skalę (70 tys. drutów!), rejestracja całego przypadku, selekcja, pierwsza próba użycia mikroprocesora w systemie wyzwiania

Fizyka jest też „powabna” - NA11, NA32

Eksperymenty przy SPS, badania produkcji cząstek z kwarkiem c, lata 1979-1986, grupa z IFJ kierowana przez K.Rybickiego, duży wkład aparaturowy w postaci budowanych w IFJ komór dryfowych i proporcjonalnych



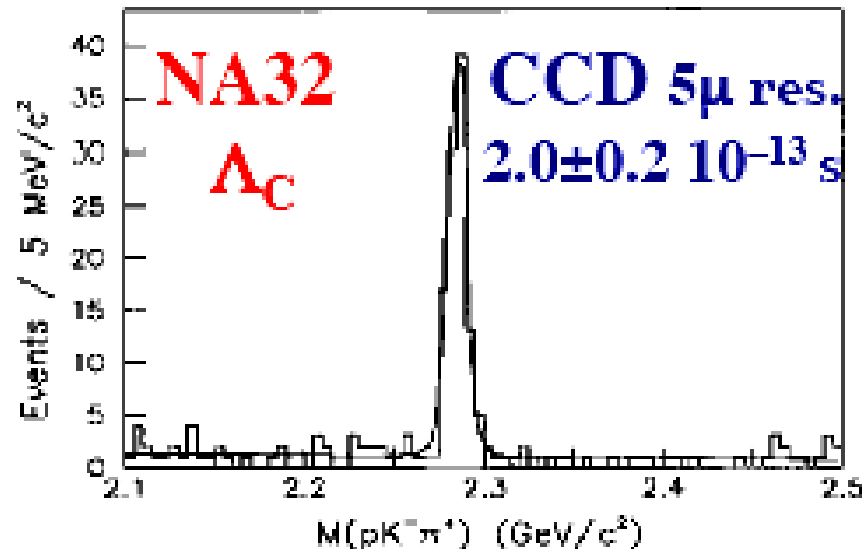
„Rewolucja krzemowa” w NA11, NA32

Cząstki powabne żyją krótko (10^{-12} - 10^{-13} s), stąd potrzeba precyzyjnego (μm) pomiaru położenia ich produktów rozpadu i rekonstrukcji wierzchołka rozpadu

W 1980 roku Kemmer produkuje pierwsze detektory krzemowe, dające potrzebną precyzję, stosując planarną technologię.

Eksperymenty NA11/NA32 były prawdziwym poligonem dla testów wszystkich idei w tej dziedzinie, wywodzący się z nich fizycy stworzyli idee aż trzech detektorów wierzchołka na zderzaczach

Pomiary czasu życia barionów powabnych z NA32 wciąż należą do najlepszych



Struktura protonu - eksperymenty EMC (NA2), NMC (NA37), SMC (NA47), COMPASS (NA58)

Wspaniała seria eksperymentów z udziałem grupy warszawskiej (IPJ, UW, PK, inicjatywa J.Nassalskiego z IPJ),

coraz dokładniejsze badanie struktury nukleonów przy użyciu wiązek mionów



EMC, NMC, SMC, COMPASS

„Efekt EMC” - rozkłady dla kwarków o małych pędach różne w jądrach deuteru i żelaza

„Efekt spinowy EMC” - kwarki niosą tylko niewielką część spinu protonu (ok. 30%)

Odstępstwo od tzw. reguł sum Gottfrieda - w morzu kwarkowym liczba par $\bar{u}u$ i $\bar{d}d$ jest różna

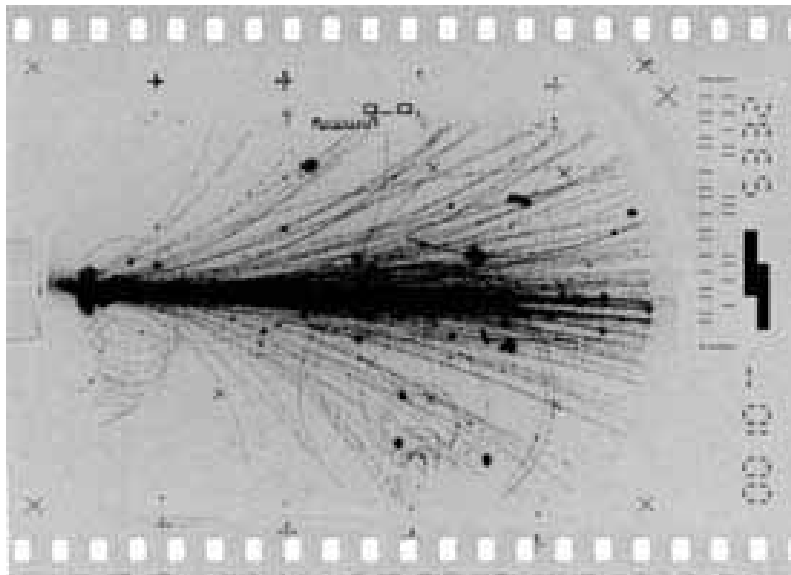
Obecnie głównym przedmiotem badań jest bezpośredni pomiar polaryzacji gluonów w nukleonie



Eksperymenty NA35, NA49, WA80, WA93, WA98

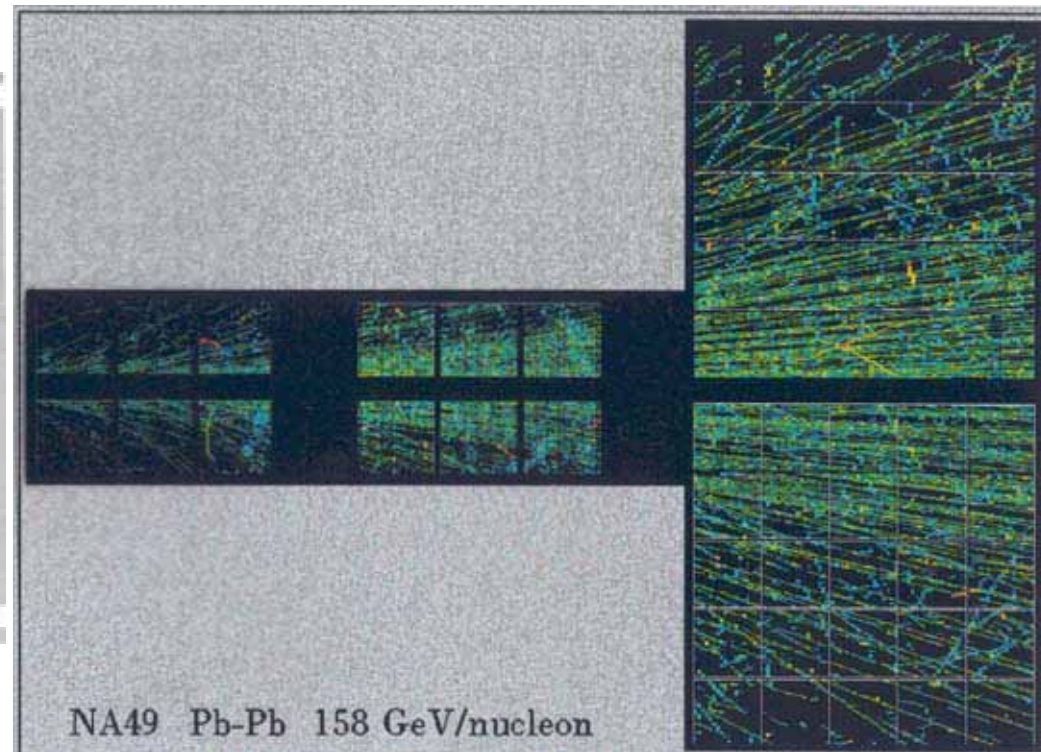
Badania oddziaływań relatywistycznych jąder, przyspieszanych w SPS (^{16}O , ^{32}S , ^{208}Pb - maksymalna energia wiązki Pb 158 GeV/nukleon)

Eksperymenty NA35/NA49 - 1986-2003 - polskie zespoły z IFJ, IPJ, UW



Od techniki wizualnej w
NA35

A.Zalewska, Picnic2006



do elektronicznej w NA49

Plazma kwarkowo-gluonowa czy gaz hadronowy ?

H.Satz, PR 403-404 (2004) 33-50

Table 1
Heavy ion experiments at the CERN-SPS

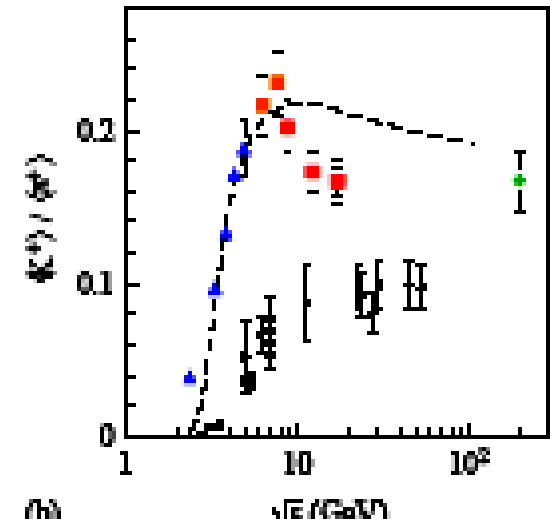
Experiment	Observables	Probing
NA34/HELIOS2 HELIOS3 NA35/49	Hadrons Dimuons Charged hadrons Strange hadrons	Hadron spectra In-medium hadron modifications Hadron spectra, correlations, flow Abundances, strangeness
NA36 NA44 NA45/CERES	Strange hadrons Pions and kaons Dielectrons Charged hadrons	Strangeness production HBT interferometry, spectra at $y = 0$ In-medium hadron modifications Correlations
NA38/50 NA60	Dimuons	J/ψ and Drell-Yan production χ_c and open charm production In-medium hadron modifications
NA52 WA80/93/98 WA85/94/97, NA57	Low Z/A nuclei Photons Hyperons	Strangelets Thermal photons, pion spectra, flow Strangeness enhancement



Polacy w NA49

- „zab Gaździckiego”
- badania, jaki wkład do oddziaływań jądro-jądro mają oddziaływania nukleon-nukleon i nukleon-jądro

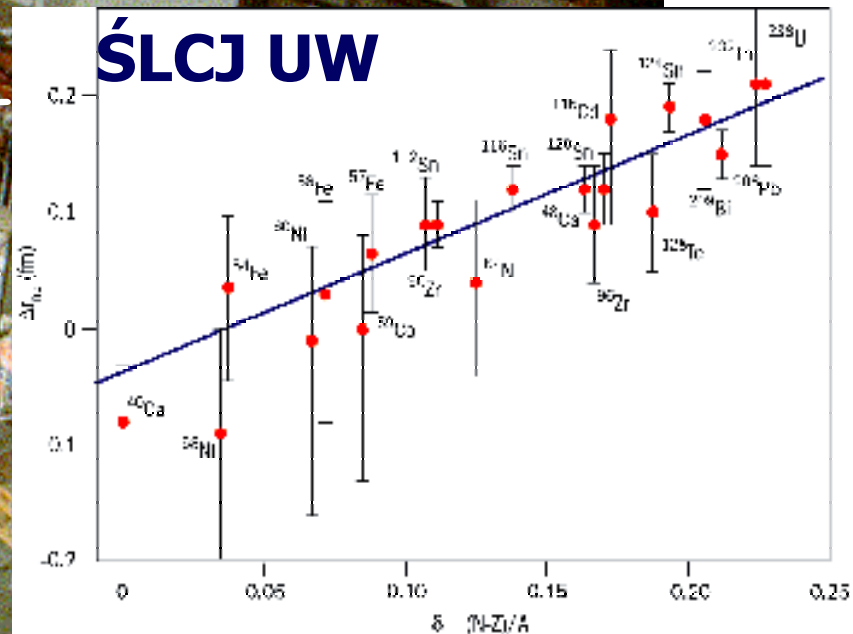
A. Zduńewska, Płock 2006



Badania przy niskich energiach - LEAR i ISOLDE

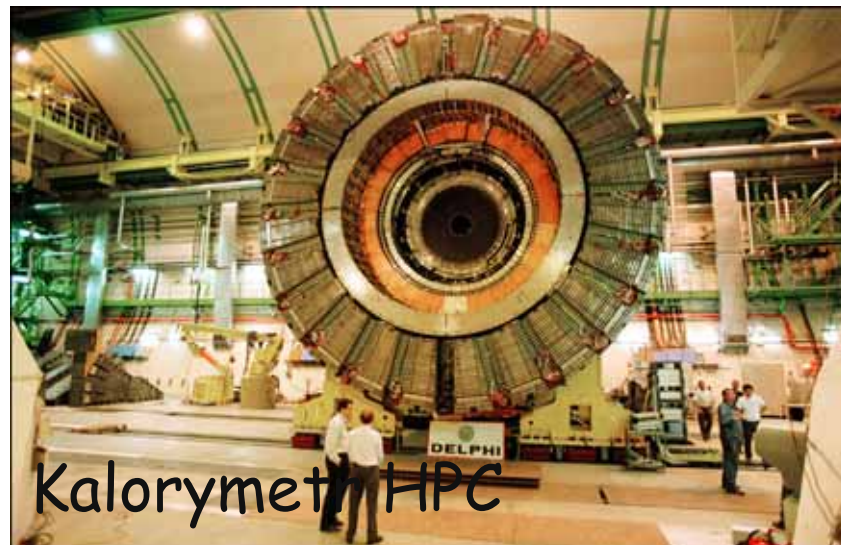
Low Energy Antiproton Ring,
1982-1996, p o energiach (20-
1200) MeV, $10^6/s$

Polscy fizycy przy użyciu wiązek
antyprotonów prowadzili badania
struktury jąder – na rysunku
pokazana jest różnica średnich
promieni rozkładu neutronów i
rozkładu protonów w funkcji
parametru asymetrii jądra



Eksperyment DELPHI przy akceleratorze LEP wielki wspaniały detektor

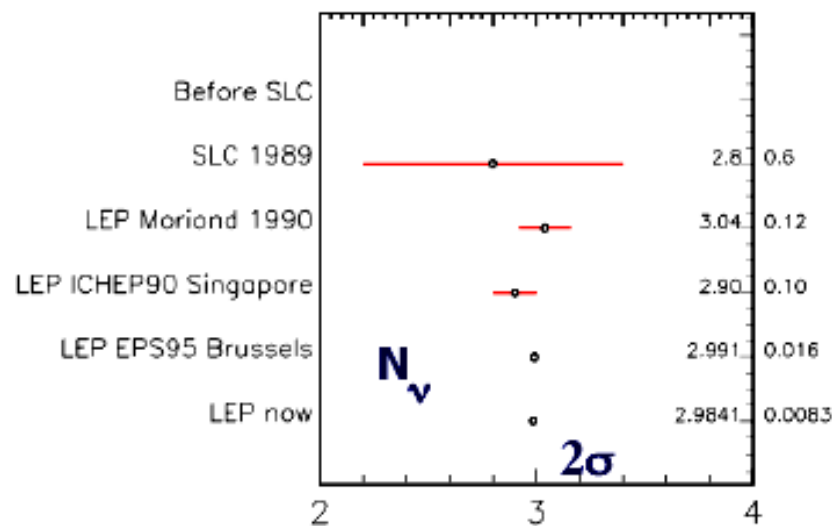
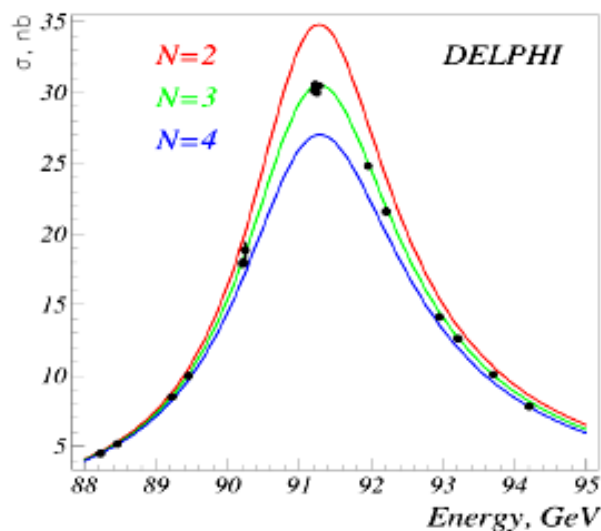
Lata 1989-2000 (przygotowania od 1980), dwie duże polskie grupy z Krakowa i Warszawy, poważny wkład aparaturowy (detektory VD, ID, HPC, RICH) polski ołów jako ekwiwalent wkładu finansowego



Eksperymenty przy zderzaczu LEP zegarmistrzowska dokładność pomiarów

3 rodziny kwarkowo-leptonowe, przewidywania Modelu Standardowego przetestowane jak nigdy dotąd, uwzględnione niezwykle efekty systematyczne (przyciąganie Ziemia-Księżyc, poziom wody gruntowej efekty związane z przejazdem pociągów TGV Paryż - Genewa)

... i poczucie niespełnienia - był ten Higgs w zasięgu czy nie ?!



Wspaniały wkład polskich teoretyków: „szkoła Jadacha” dla wszelkich pomiarów elektrosłabych, „szkoła Pokorskiego” dla SUSY

A co z zastosowaniami? Dwa przykłady

1. W skali LEP-u - program WWW na potrzeby komunikacji między laboratoriami współpracującymi w eksperymentach LEP-owskich

Luźne odtworzenie uwagi prof. Llewellyn-Smitha „Ciekawe, ile rocznych budżetów CERN-u zaoszczędzono w skali świata dzięki temu, że program WWW powstał kilka lat wcześniej niżby powstał bez tego, że był bardzo potrzebny w ośrodku prowadzącym badania fundamentalne z fizyki cząstek”.

2. W skali VD DELPHI - europejski program SUCIMA (Silicon Ultra fast Cameras for electron and photon visualization In Medical Applications) - 2001-2004 - dał bardzo dobre wyniki

Jako ilustracja do zdania Bernarda Houssaya, laureata Nagrody Nobla w medycynie: „There is no applied science if there is no science to apply”

Robienie z pasją rzeczy „mało pożytecznych” daje czasem większy pożytek niż obsesja na temat zastosowań

Rok 2000 - zamknięcie akceleratora LEP



Największy zderzacz e^+e^- ,
dł. obwodu 27 km,
maksymalna energia 209 GeV

III - teraźniejszość

LHC - przedsięwzięcie XXI wieku

Akcelerator LHC



To nie jest symulacja !!!

Magnesy w podziemnym tunelu

Transport nocą, prace instalacyjne w dzień

Akcelerator LHC

Cel: cząstka Higgsa - ostatnia brakująca cegiełka w SM, poszukiwania nowych, ciężkich cząstek, będących przejawem nieznanymi nam jeszcze symetrii przyrody, badanie zderzeń ciężkich jonów przy nieosiągalnych wcześniej energiach, badanie łamania symetrii CP

- Największy zderzacz pp i Pb Pb, maksymalna energia: 14 TeV w zderzeniach pp, 2.76 TeV/nukleon dla Pb Pb, ruszy w 2007 roku
- Ponad 1700 magnesów nadprzewodzących o polach magnetycznych ponad 9 T → największa kriogeniczna instalacja świata w temp. 1.9 K
- Zderzenia co 25 ns, świetlność akceleratora $1.6 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 10^9 oddziaływań pp na sekundę, w tym kilkadziesiąt przypadków ciekawych fizycznie → wielkie wyzwanie dla detektorów, systemów wyzwalania oraz akwizycji, przechowywania i analizy danych

Polskie ręce przy budowie LHC

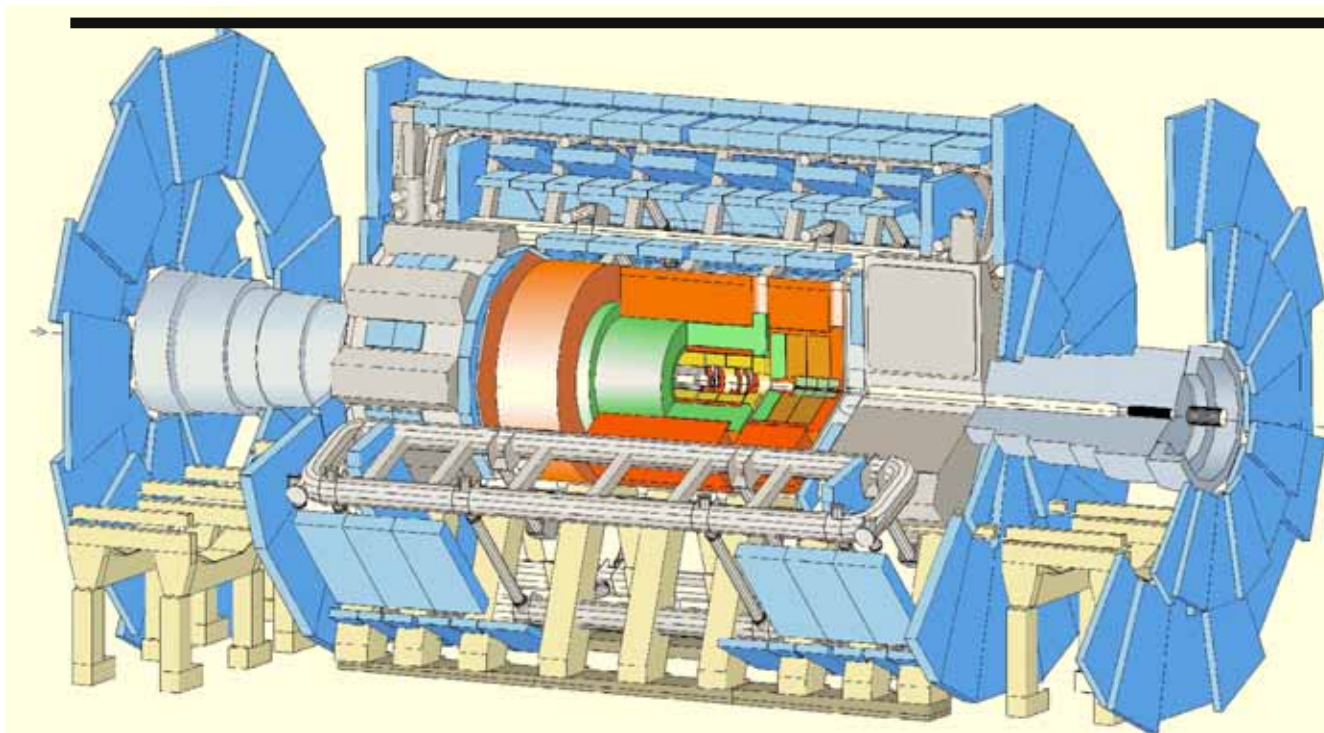


Bardzo chwalone, bardzo potrzebne, np. do kontroli ok. 123000 połączeń w przestrzeniach między magnesami

Polska pomoc w pracach instalacyjnych



Eksperyment ATLAS



Grupy z AGH,
IFJ i PK

Kolos: 22 m
wysokości,
ponad 40 m dł.

Detektor zoptymalizowany dla badań twardych procesów z udziałem elektronów o wysokich energiach i mionów o bardzo wysokich energiach

Polski wkład bardzo różnorodny: wiele prac dla krzemowego detektora śladów (m.in. projekt elektroniki odczytu!), detektora TRT, systemu DAQ i kontroli detektora, zaawansowane projekty mechaniczne, b.ważna rola w pracach nad systemem GRID (M.Turała koordynatorem projektu CROSS GRID)

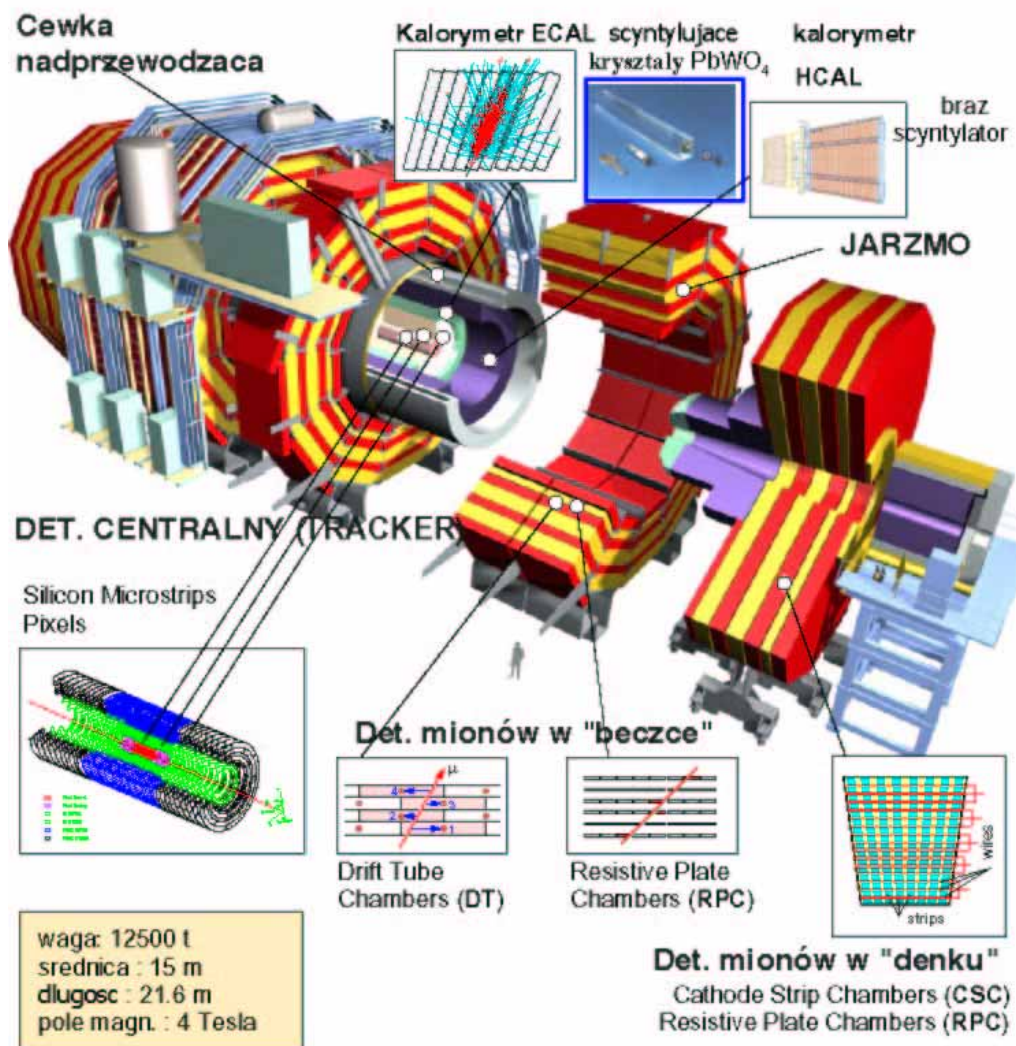


To znów rzeczywistość!

Podziemna hala eksperymentu ATLAS - 9.06.2005,
zainstalowanych już jest 5 spośród 8 wielkich toroidów,
ATLAS ma być gotowy na testy z mionami kosmicznymi
w maju 2007

Eksperyment CMS

Detektor CMS i jego poddetektory

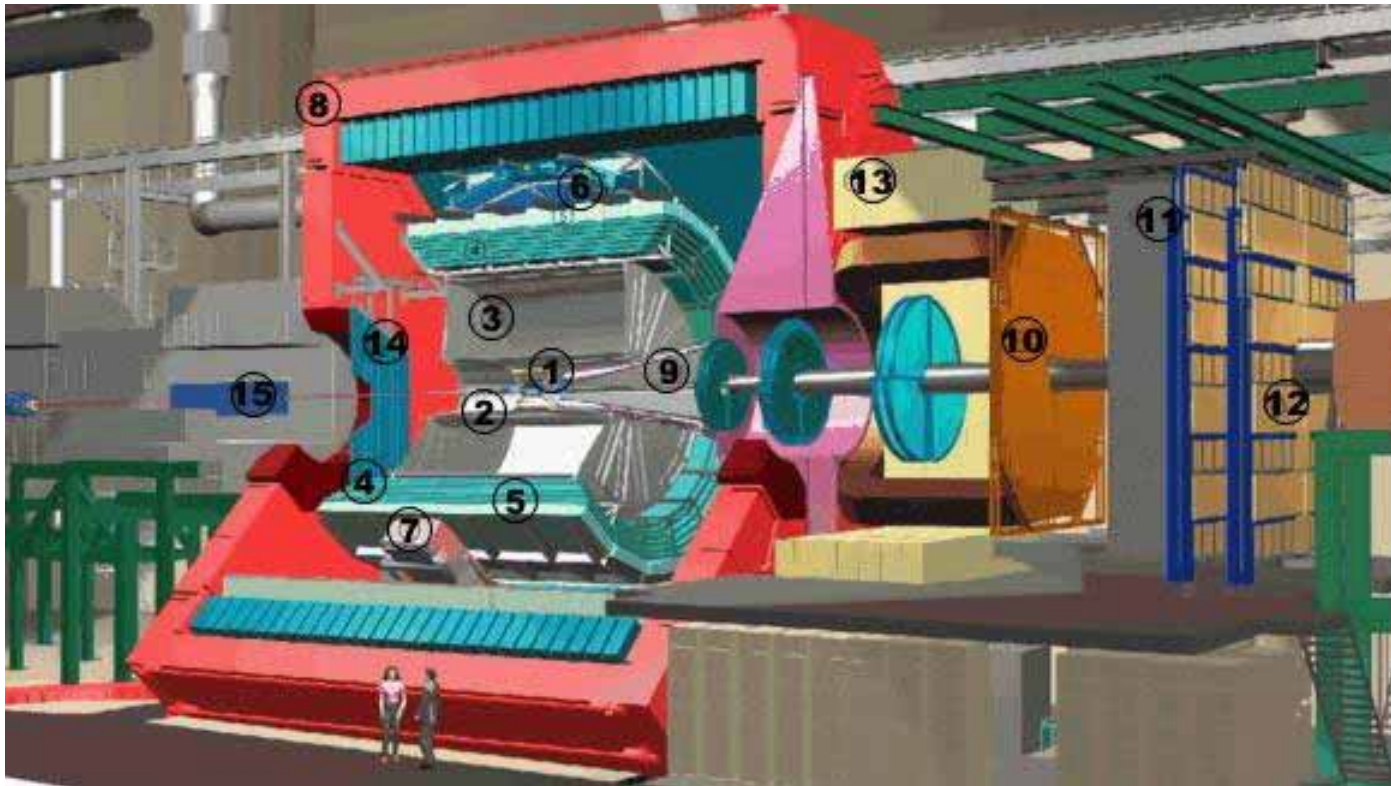


Grupy z UW, IPJ, PK

Drugi kolos przy LHC, detektor zoptymalizowany do badania twardych procesów z udziałem mionów o stosunkowo niskich pędach i elektronów

Polski wkład skoncentrowany na niezwykle ważnym systemie wyzwalania w oparciu o miony, w fizyce prace dla poszukiwań przejawów fizyki spoza Modelu Standardowego

Eksperyment ALICE

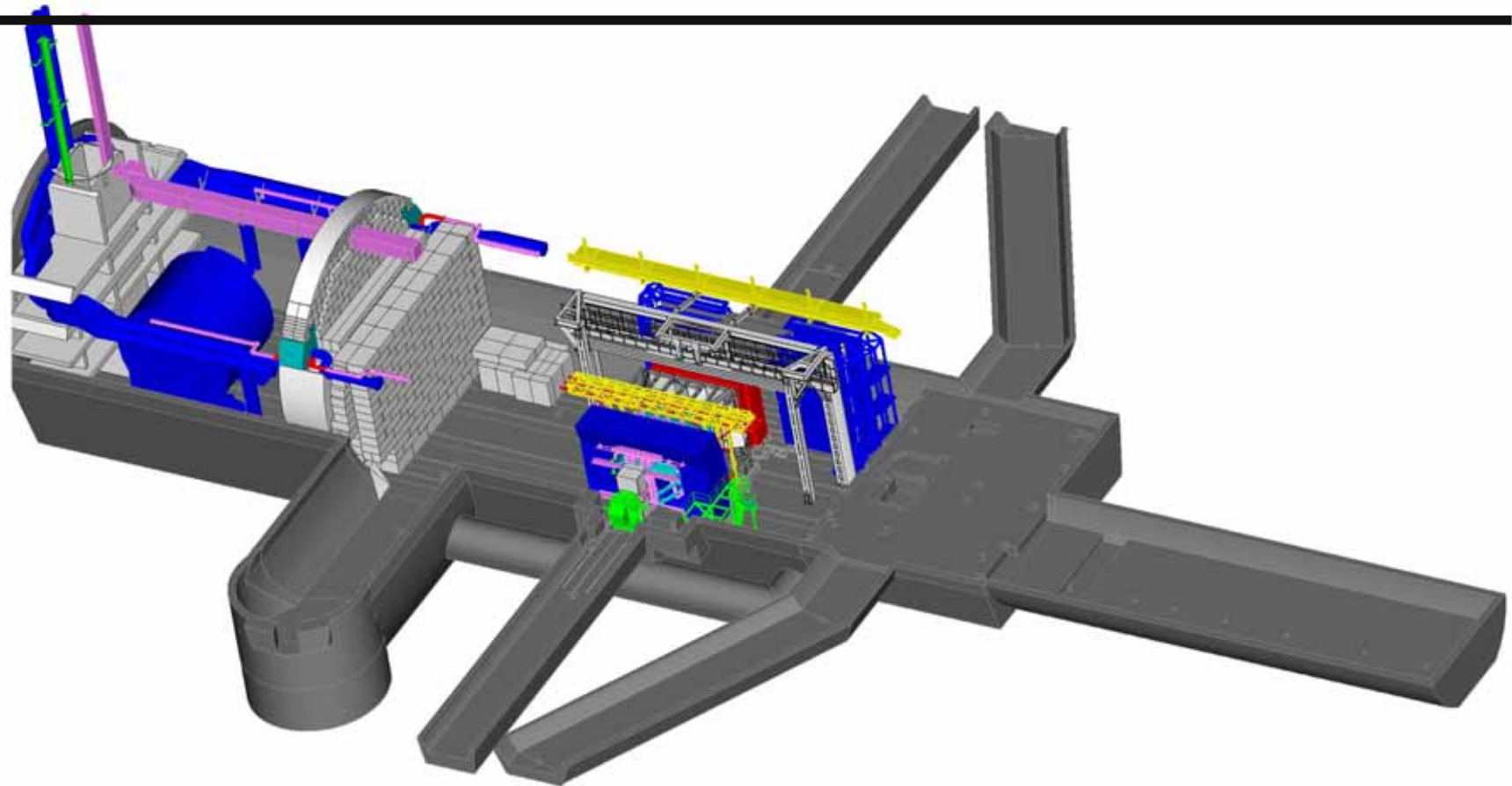


Polские группы з IFJ, IPJ, PK, експеримент дедьковань баданьом плазмы кварково-глюонowej

Polские группы працюють для двох детекторів: центрального детектора слідів-TPC і і калорьметру фотонowego-PHOS

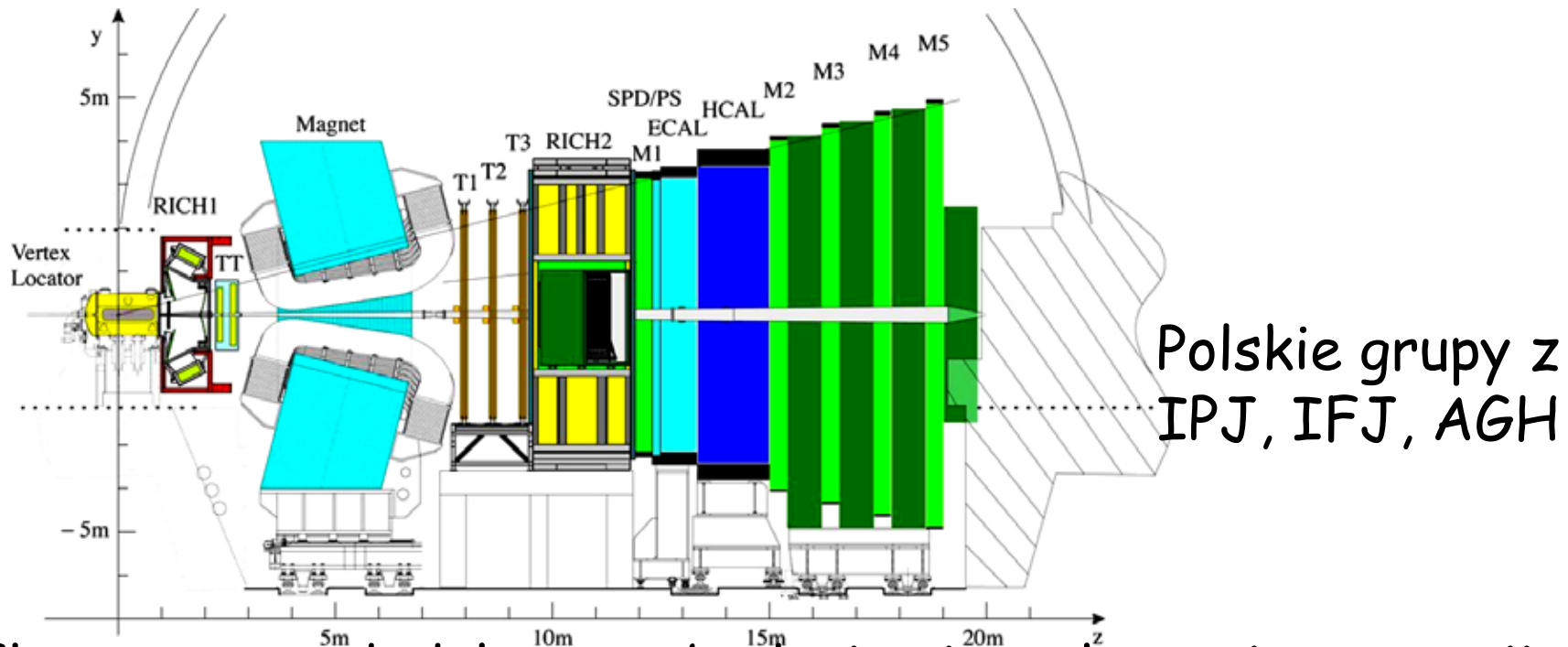
A.Zalewska, Picnic2006

Eksperyment LHCb



Podziemna hala eksperymentu LHCb - spektrometr LHCb będzie koegzystował z częścią muzealną, a mianowicie z częścią aparatury DELPHI, pokazywaną wycieczkom odwiedzającym CERN

Eksperyment LHCb

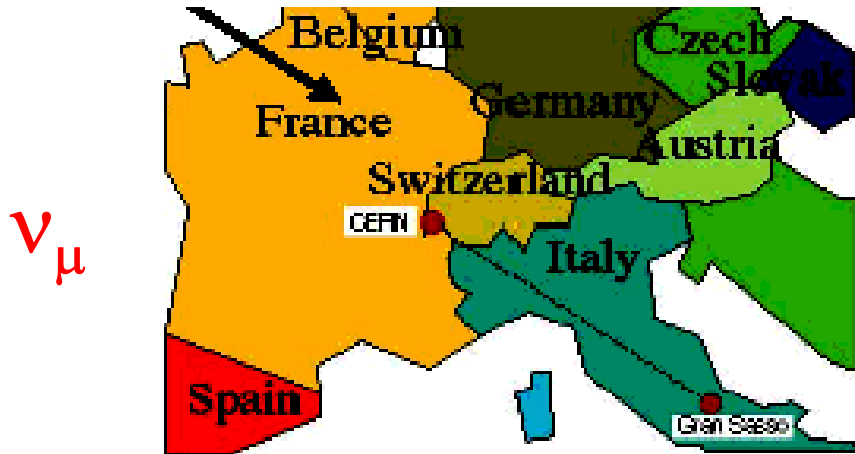


Eksperyment dedykowany badaniu niezachowania symetrii CP czyli poszukiwaniu wyjaśnienia zagadki asymetrii między materią i antymaterią

1/3 komór słomkowych buduje IPJ, ramy komór zrobione w IFJ, poza tym bardzo ważny wkład IPJ do elektroniki kontrolnej, a IFJ i AGH do inteligentnego trygera.

A.Zalewska, Picnic2006

Program CNGS (neutrino z CERN-u do Gran Sasso)



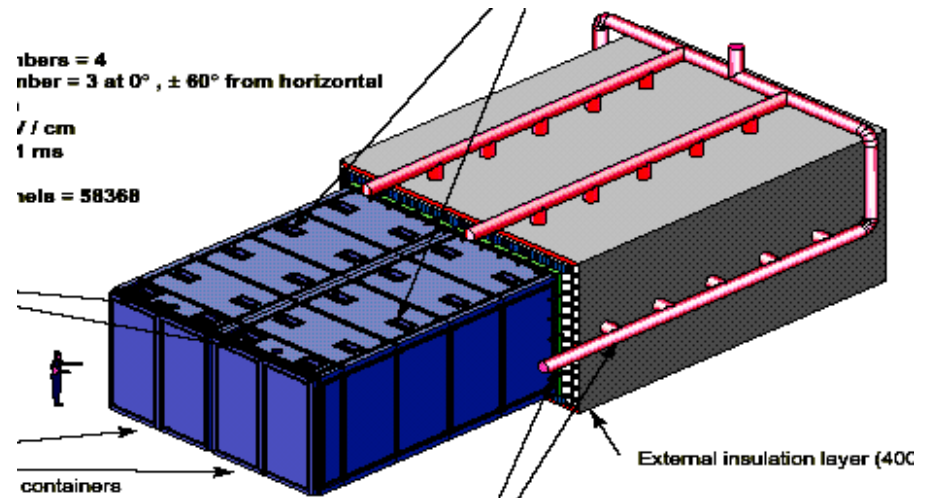
Budowa wiązki w CERN-ie
postępuje zgodnie z planem,
start w 2006 roku

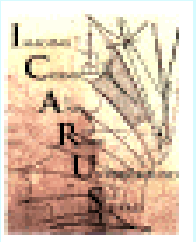
ν_τ
 ν_e

W Gran Sasso detektory OPERA
i ICARUS,

Cel: poszukiwania oddziaływań ν_τ
pochodzących z oscylacji ν_μ

T600





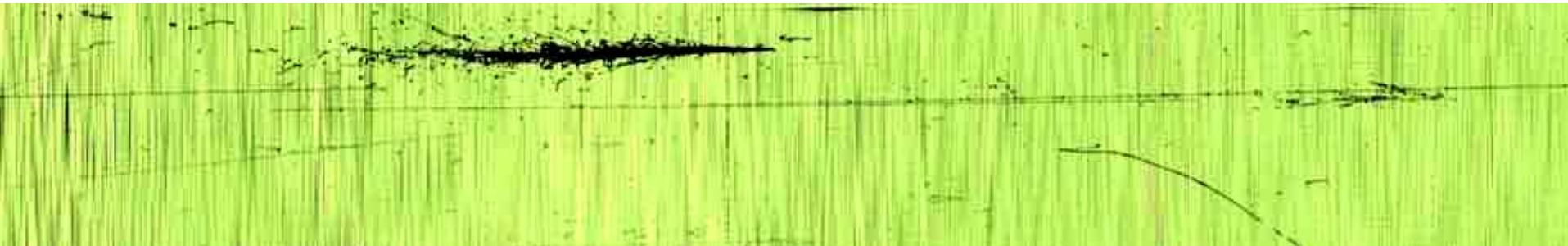
Eksperyment ICARUS

(Imaging Cosmic And Rare Underground Signals)

Problematyka fizyczna:

Badanie oddziaływań neutrin słonecznych, atmosferycznych, z wybuchu Supernowej i z wiązki akceleratorowej CNGS oraz poszukiwanie rozpadu protonu przy użyciu wielkich komór TPC wypełnionych ciekłym argonem.

Polska grupa z Katowic (U.ŚI), Krakowa (IFJ, AGH, PK), Warszawy (IPJ, UW, PW) i Wrocławia (UWr)



Polacy w komitetach naukowych CERN

Dane z referatu
R.Sosnowskiego w PAU

Komitet ds. Detektorów

prof. M. Turała 1990 – 1994
(przewodniczący 1993 – 1994)

Komitet SPS i PS

prof. J. Nassalski 1993 - 1995
prof. A. Zalewska 1997 - 2000
doc. H. Białkowska 2001 -2004

Komitet LEP

prof. S. Pokorski 1996 - 1998

Komitet Polityki Naukowej

prof. A. K. Wróblewski 1994 – 2000
prof. K. Rybicki 2001 – 2003
prof. A. Zalewska od 2004

CERN Research Board

prof. A. Zalewska 2001 - 2003

IV - Przyszłość

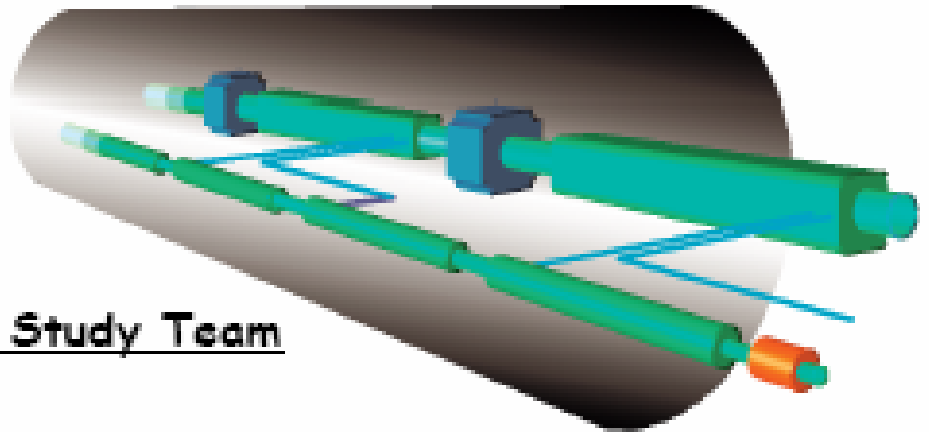
**Dokąd zmierza CERN i fizyka
cząstek?**

Refleksja 1

W CERN-ie zaczęło się rozważanie „Co robić po tym, jak ruszy LHC” (bardzo ważne pytanie wobec wiodącej roli CERN-u w europejskiej fizyce cząstek)

Zaznaczają się dwa priorytety: CLIC (Compact Linear Collider) oraz podniesienie świetlności LHC (potrzebne intensywniejsze wiązki protonów na początku cyklu przyspieszania -> przebudowa/rozbudowa odpowiednich akceleratorów). Więcej protonów będzie też ważne dla innych badań.

THE COMPACT LINEAR COLLIDER (CLIC) STUDY



The Compact Linear Collider Study Team

Jedyna technologia „na horyzoncie” pozwalająca na osiągnięcie energii E_{cms} rzędu kilku TeV

Energii dostarcza druga wiązka, gradient potencjału rzędu 150 MV/m

W budowie TF3 - współpraca europejska (PK proponuje wkład w postaci symulacji mechanicznych), chcą połączyć Chiny, Indie, USA

-> W 2010 roku pokazać, czy da się na tej zasadzie zbudować duży akcelerator

Refleksja 2

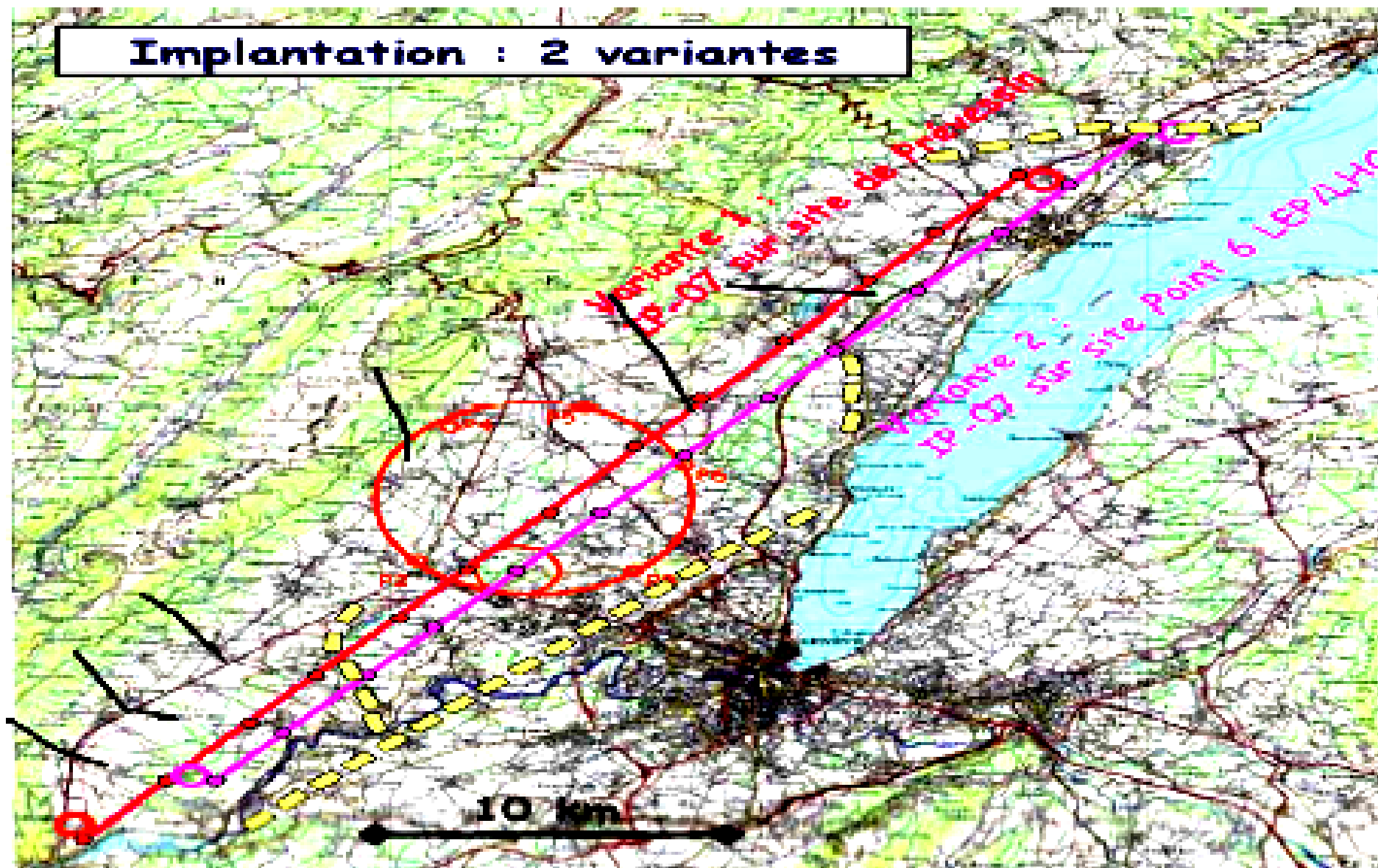
Globalizacja i rozproszenie w budowie przyszłych akceleratorów (jedno tylko urządzenie na świecie ale kawałki buduje się w różnych laboratoriach i składa w miejscu przeznaczenia) -> **wchodzimy w fazę, gdy akceleratory buduje się tak jak dotąd budowało się detektory (już widoczne przy LHC)**

Najbliższa taka światowa inicjatywa to ILC (International Linear Collider), wybrana została technologia, rozważana jest lokalizacja -> **CERN zaproponował lokalizację opracowaną dla CLIC-a**

Possible Site for a Linear Collider @ CERN



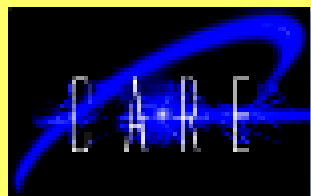
Implantation : 2 variantes



Refleksja 3

Sięgnięcie po środki Unii Europejskiej na potrzeby akceleratorowych programów R&D - z wiodącą rolą CERN-u w wielu pakietach roboczych (to pozwala mniejszym laboratoriom europejskim włączyć się do tych prac)
-> **nie prześpijmy tej okazji!**

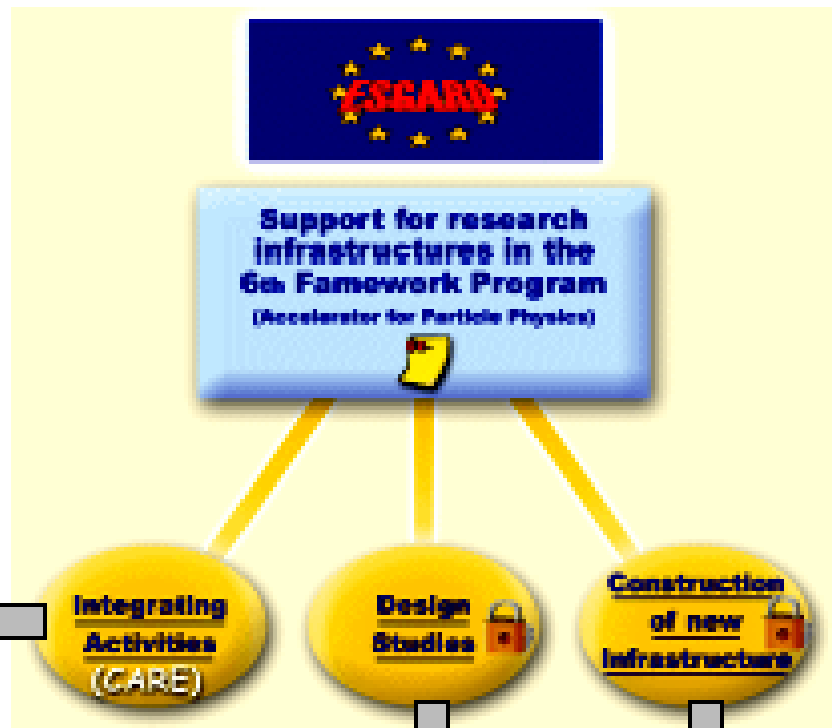
Najbliższą taką inicjatywą może być wystąpienie o „Design Study” dla fabryki neutrin



Participants: 22
 Duration: January 2004 - December 2008
 Total expenditures: 35.14 MEuros
 Total E.U. support: 15.20 MEuros

The main objective of the CARE project is to generate a structured and integrated European area in the field of accelerator research and related R&D. The program includes the most advanced scientific and technological developments relevant to accelerator research for Particle Physics. It is articulated around 3 Networking Activities and 4 Joint Research Activities:

- **ELAN (Electron Linear Accelerator Network)**
- **BENE (Beam for European Neutrino Experiments)**
- **HHH (High intensity High brightness Hadron Beams)**
- **SRF (Superconducting RF)**
- **PHIN (PHoto-INjector)**
- **HIPPI (High Intensity Proton Pulsed Injectors)**
- **NED (Next European Dipole)**



Initiated:
 - **EUROTeV**
 - Beta beam task in the EURISOL Design Study

Considered:
 - LHC luminosity upgrade
 - Neutrino factory
 - Light quark and Phi factory

Initiated:
 - None yet

Considered:
 - None yet



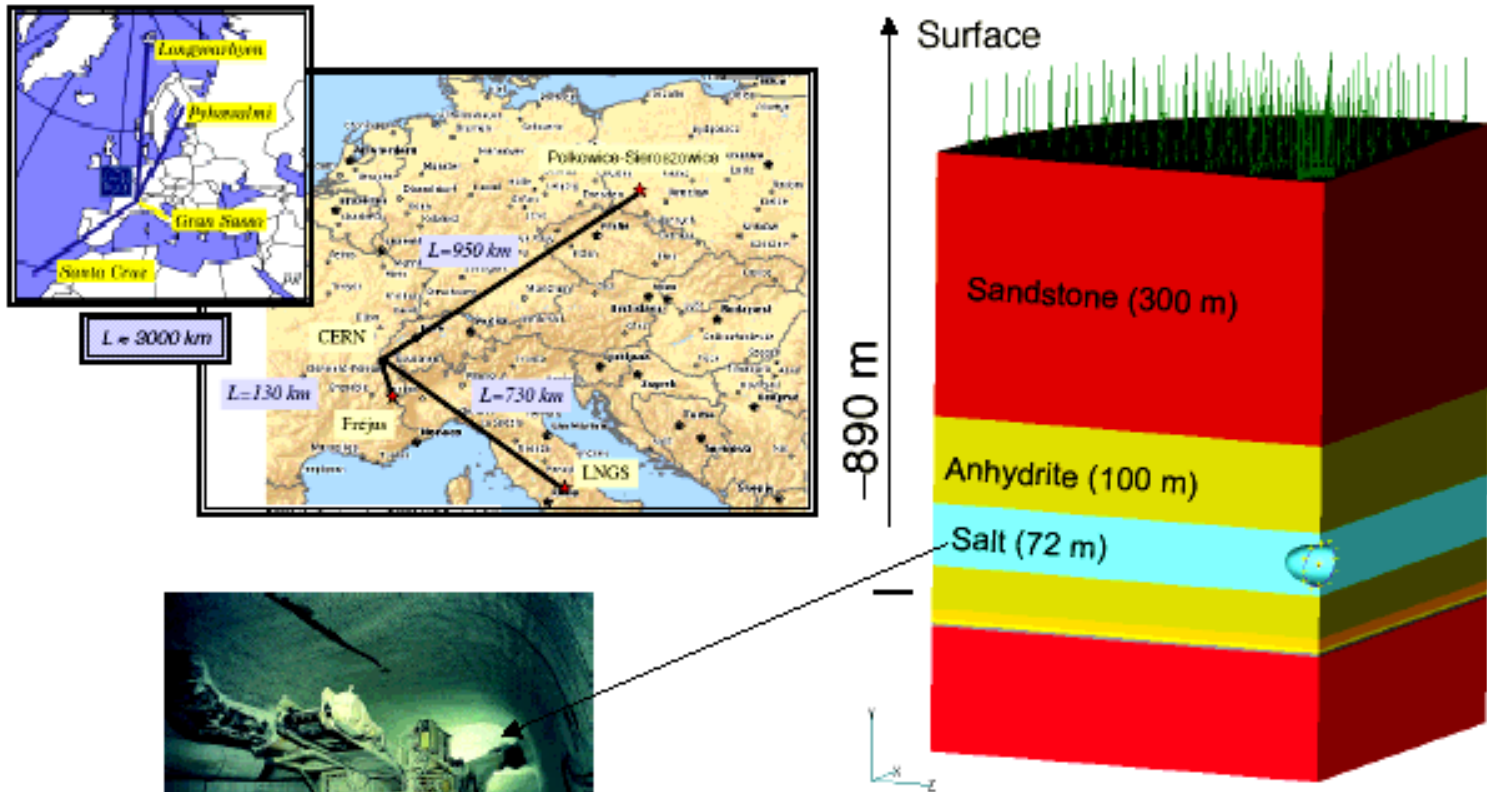
Refleksja 4

Zacieśniają się związki między fizyką i astrofizyką cząstek (już jest duży postęp w pomiarach astrofizycznych dzięki zastosowaniu technik eksperymentalnych z fizyki cząstek, a przyszłość rysuje się jeszcze ciekawiej, np. eksperymenty GLAST, AMS, ICECUBE)

Badania neutrin stanowią jedną z wspólnych płaszczyzn

Polska lokalizacja podziemnego laboratorium dla fizyki neutrin ?

Possible European CERN-LBL sites



Example: Salt mine in Europe: Copper mines (owned by KGHM, one of the largest producers of copper and silver in the world). Salt layer at 1000 underground (dry) Very large caverns already exist (from mine exploitation).

**Analizy geomechaniczne: W. Pytel
- Cuprum/Pol. Wrocławska i
J. Ślizowski/K. Urbańczyk - Kraków**

Wielki Czwartek 2005 w Sieroszowicach



A..

Komora solna na głębokości 950 m od powierzchni ziemi, kubatura (15x20x100) m³

V - zamiast zakończenia

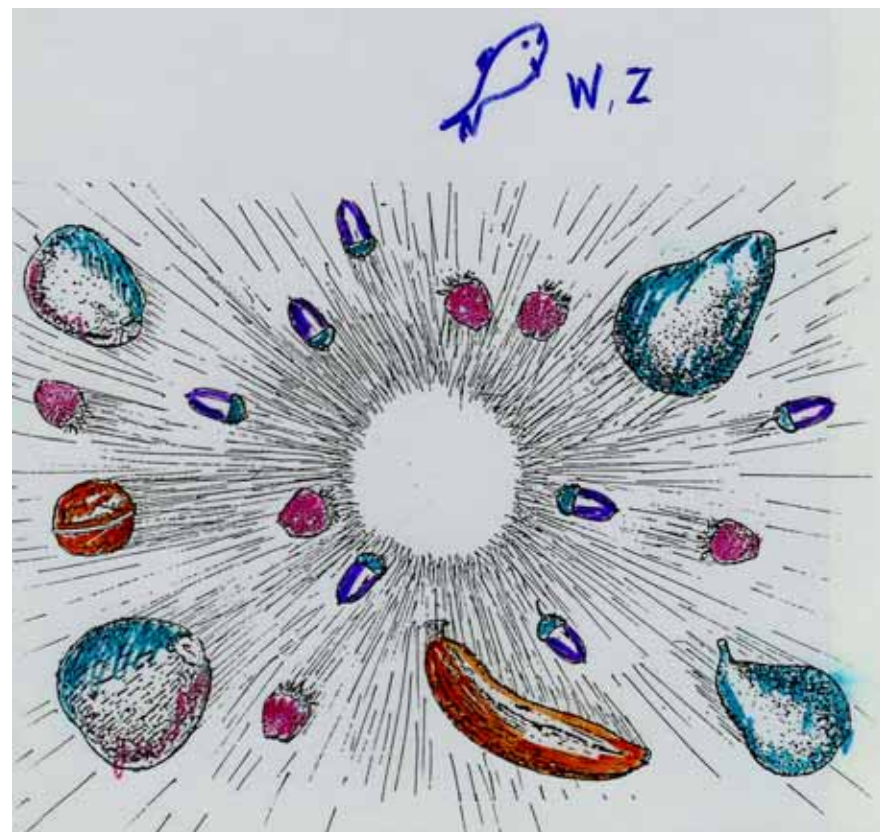
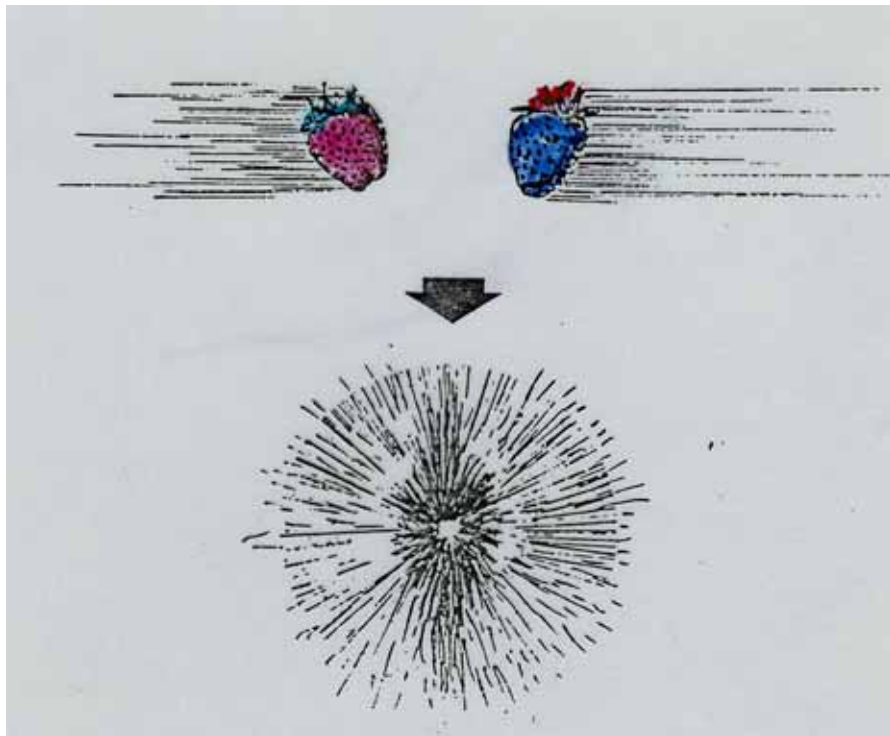
Zdarzyło się w czasach LEP-u...



A.Zalewska, Picnic2006

Czerwiec 1982

„Kreacja” czy „produkcja” materii?



Production
Creation of matter