

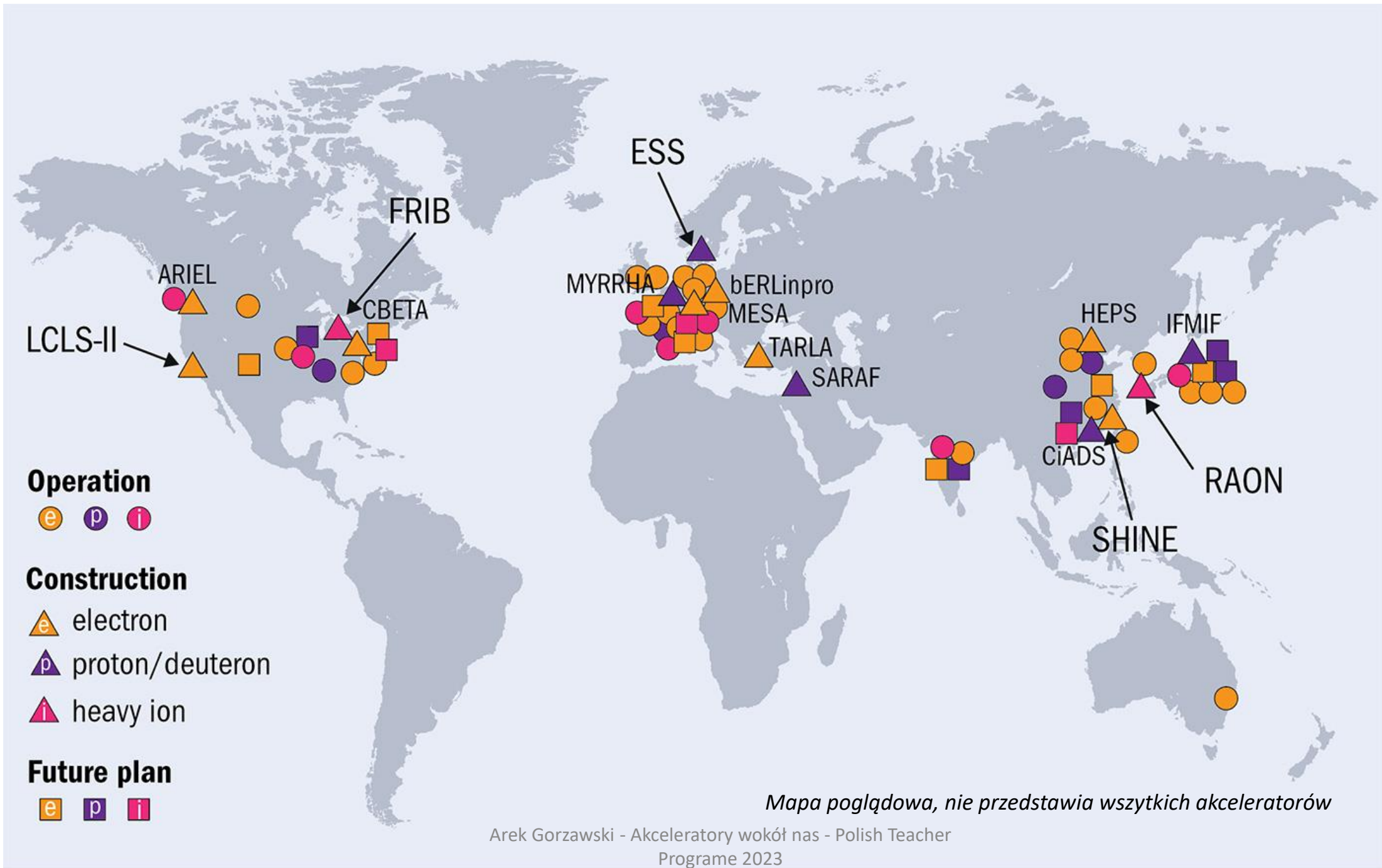
Akceleratorzy wokół nas

(wstęp do akceleratorów II)

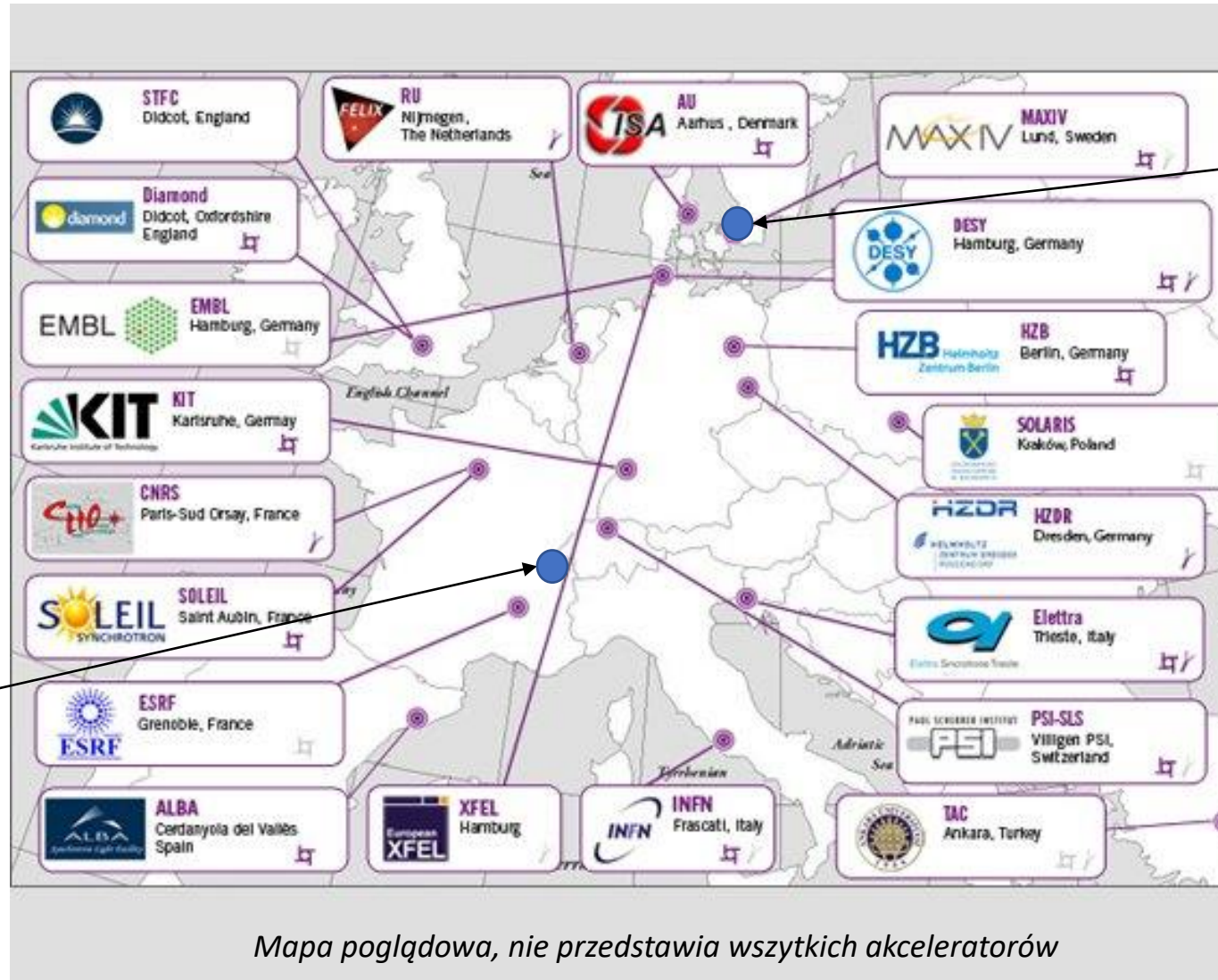
Arek Gorzawski

ESS Operations Division

CERN Beams Department



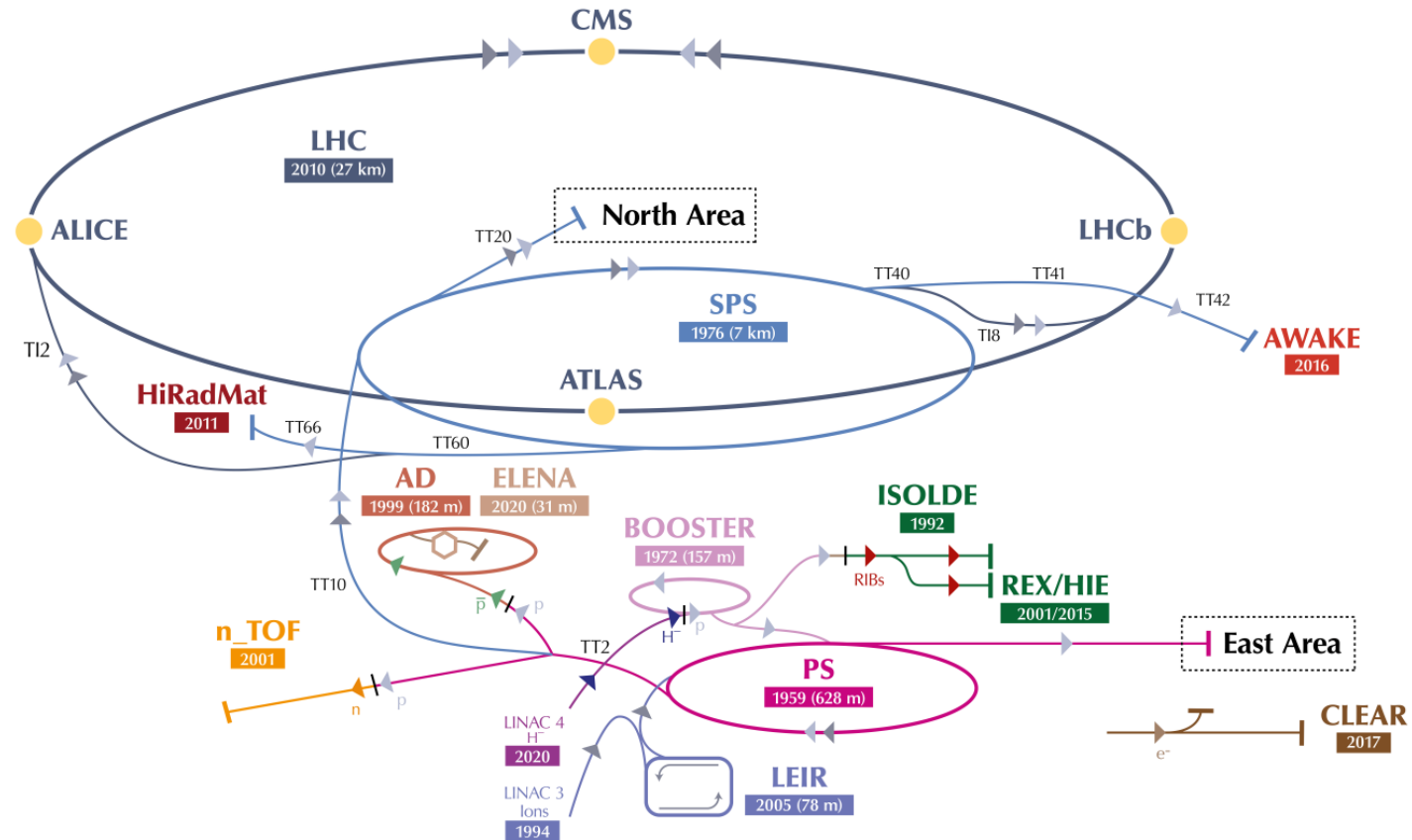
Mapa poglądowa, nie przedstawia wszystkich akceleratorów



Mapa poglądowa, nie przedstawia wszystkich akceleratorów

The CERN accelerator complex

Complexe des accélérateurs du CERN



▶ H^- (hydrogen anions) ▶ p (protons) ▶ ions ▶ RIBs (Radioactive Ion Beams) ▶ n (neutrons) ▶ \bar{p} (antiprotons) ▶ e^- (electrons)

LHC - Large Hadron Collider // SPS - Super Proton Synchrotron // PS - Proton Synchrotron // AD - Antiproton Decelerator // CLEAR - CERN Linear Electron Accelerator for Research // AWAKE - Advanced WAKEfield Experiment // ISOLDE - Isotope Separator OnLine // REX/HIE - Radioactive Experiment/High Intensity and Energy ISOLDE // LEIR - Low Energy Ion Ring // LINAC - LINear ACcelerator // n_TOF - Neutrons Time Of Flight // HiRadMat - High-Radiation to Materials

Synchro – cyclotron SC (1959 – 1990)

- Pierwsza maszyna w CERN,
 - Rozpędzała cząstki do **600MeV**
- Pierwsze duże odrycie w CERN
 - Rozpadu pionów
- Początek programu ISOLDE w CERN (1967!)



Proton Synchrotron PS (1956-)

- Pierwszy synchrotron w CERN
 - obwód 638m!
- Przyspiesza do **26 GeV**
- Magnesy jako jedne elementy (dipolowe, kwadrupolowe z jednym rdzeniem)
 - b. trudne do analitycznego modelowania
 - (działające) modele numeryczne dopiero we wczesnym XXI wieku



Intersecting Storage Ring – ISR, (1971-1984)

- Średnica 300m
- Pierwszy akcelerator który zderzał protony i anty-protony!
- Energia zderzeń **62 GeV**
- Do 2002 roku utrzymał szczyt podium dla najbardziej świetlnego akceleratora!



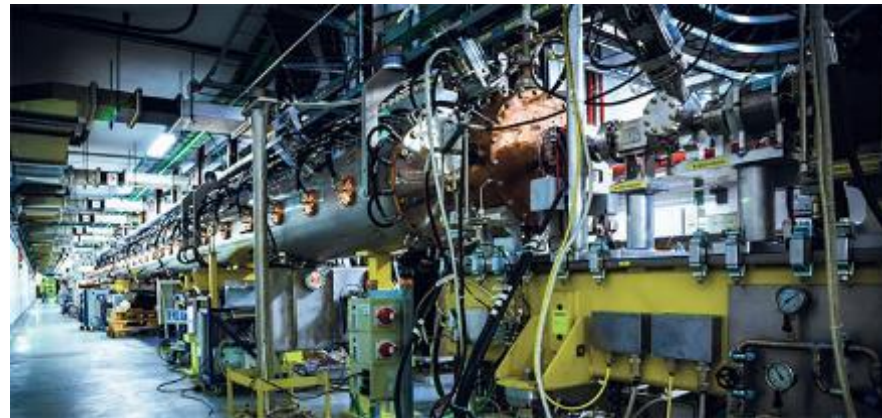
Linac1 (1958-1992), Linac2 (1978 - 2020), Linac3 (1994 -), Linac4 (2020-)



Linac2: Punkt startowy dla
WSZYSTKICH protonów używanych w
CERN,

- **Rozpędzał je do 50MeV**

Linac4 zastąpił LINACa 2
rozpędzając do **160MeV**



Low Energy Anti Proton – LEAR (1982 - 1996)

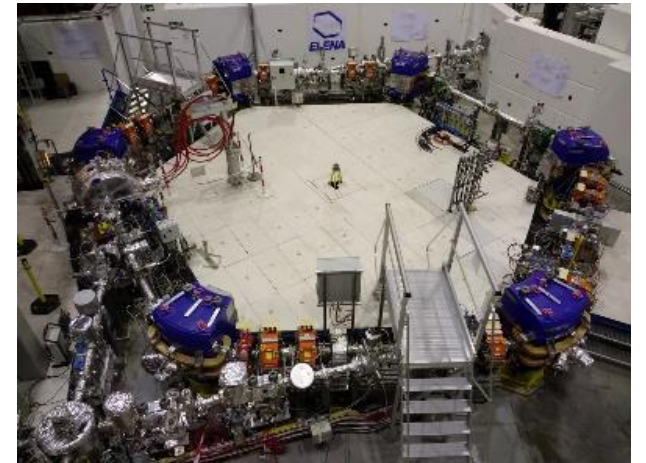
Low Energy Ion Ring – LEIR (2000 -)

- Dostarczał anty protony do eksperymentów
- W 1995, kiedy antyprotonowe maszyny zamknięto przeprowadzono próbę połączenia antyprotonu i pozytonu -> Udaną! **10 atomów anty wodoru**
 - Projekt AD...
- Od 2000 działa jako akumulator ciężkich jonów, które przekazuje dalej do PS



Antimatter Decelerator (2000-) ELENA 5.3 MeV (2017-)

- Działa z antyprotonami
 - Te uzyskane są z interakcji wiązki z PSa z tarczą.
- Jest to **decelerator!**
 - Spowalnia cząstki do **5.3 MeV**
 - Używając technik chłodzenia
- ELENA
 - **5.3 MeV do 0.1 MeV!**
- Eksperymenty badające antymaterię!
ALPHA/GBAR/ATRAP/BASE



Super Proton Synchrotron - SPS

(1976-) 26GeV – 450GeV

- Pierwszy w pełni modułarny synchrotron w CERN
 - Podział na magnesy (dipolowe, kwadrupolowe)
- Działał jako zderzacz proton-antyproton
- Odkrycie bozonów W/Z (1981)
- Dziś injektor protonów (@450GeV) dla LHC (max 288 paczek na cykl), ale głównie dostarcza wiązki dla eksperymentów tarczowych.



Arek Gorzawski - Akceleratory wokół nas - Polish Teacher
Programme 2023

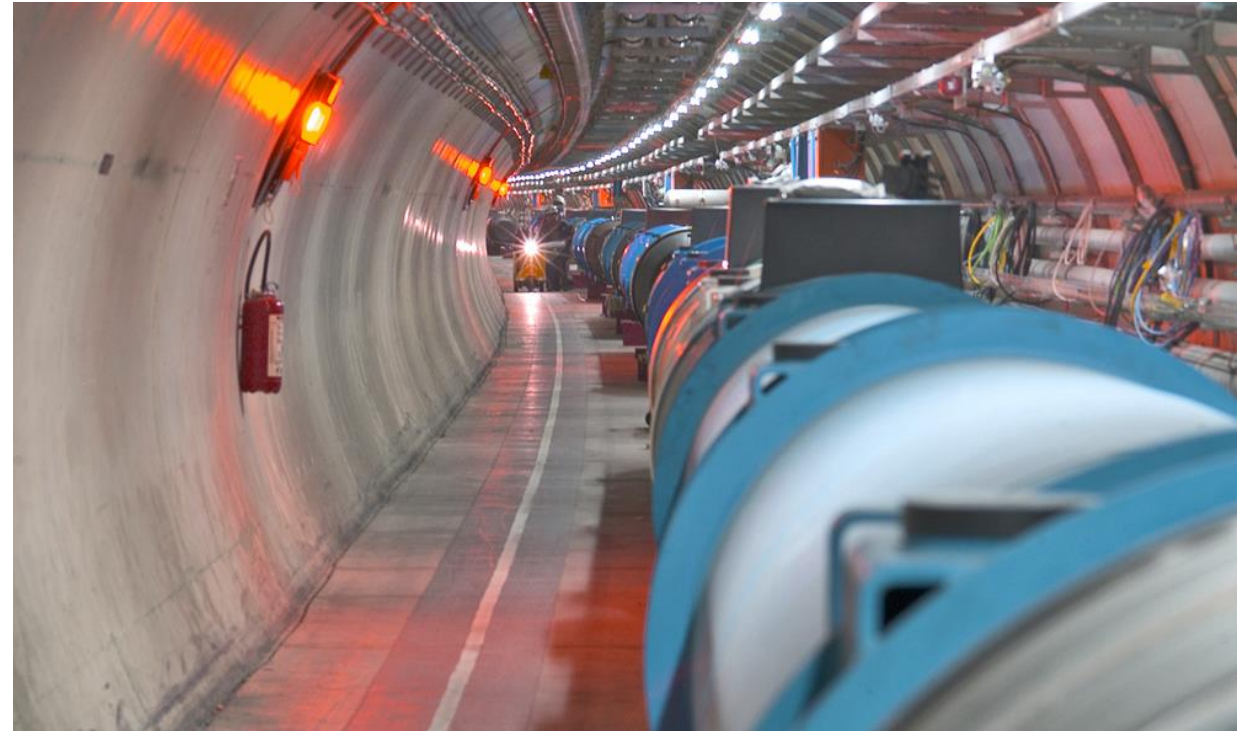
Large Electron Positron (LEP) (1989-2000)

- 27km tunel...
 - **91GeV -> 200GeV**
- W 1995 został wyposażony w 288 nadprzewodzących wnęk!
- Precyzyjne pomiary W/Z
- tunel dla LHC...

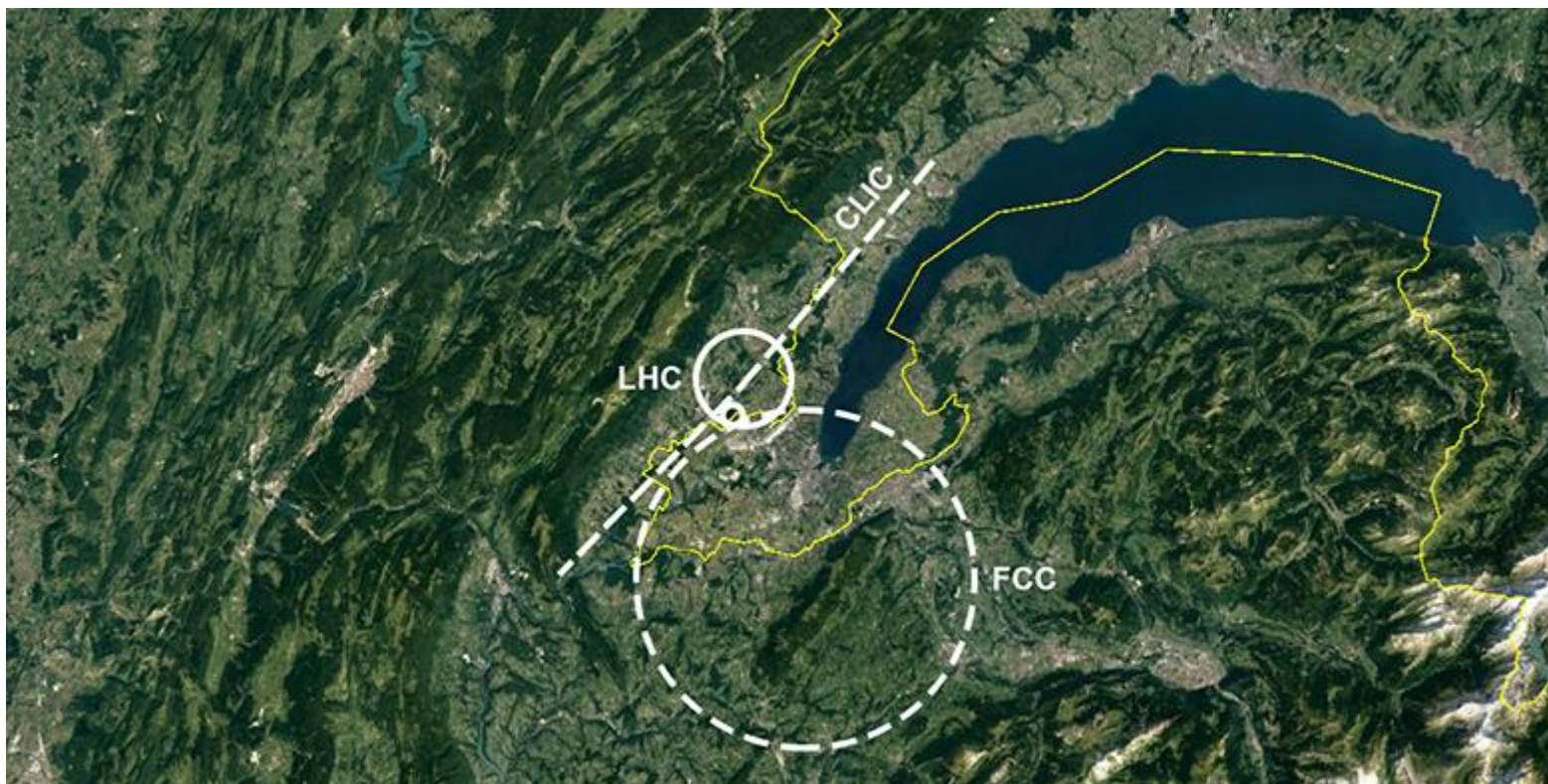


Large Hadron Collider (LHC) (2008-)

- Projektowany i budowany ponad **20 lat**, w użyciu od **2010**
- 27-km pierścień **nadprzewodzących** magnesów, schłodzonych do temperatury **-271°C**.
- 70-razy więcej energii niż poprzedni wielki akcelerator w CERN (LEP)
- Przyspiesza wiązki protonów od 450GeV do 6.5 TeV (docelowo 7 TeV)



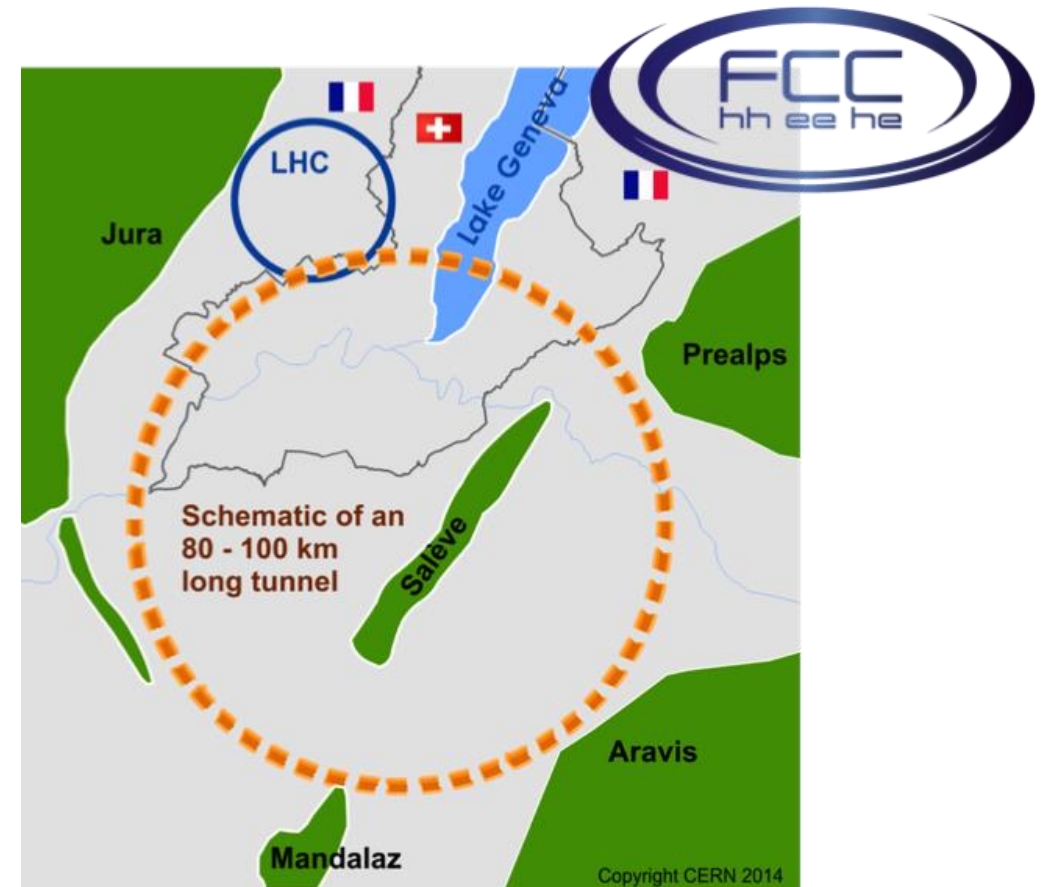
Kolejne ? FCC, CLIC...

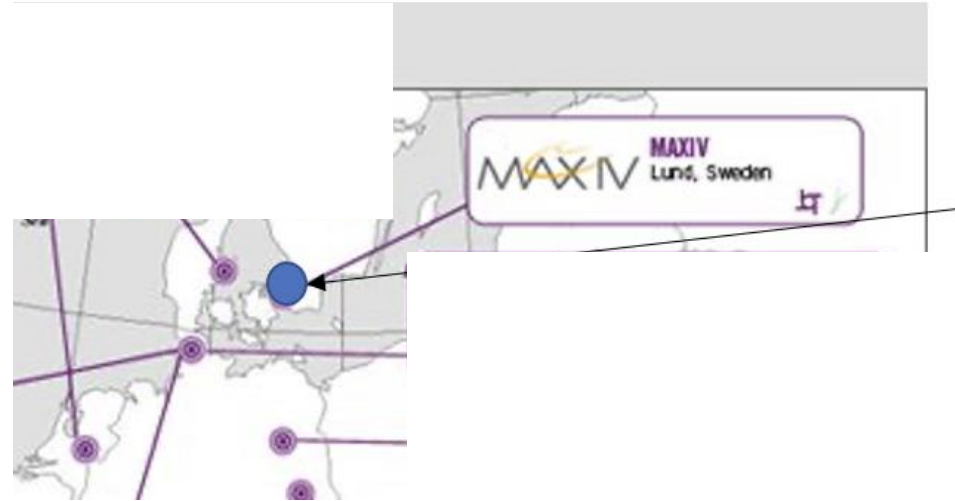


FCC - po 2045- wciąż w planach

- 1TeV – 50TeV
- Tunel sięgający 100km długości (różne plany)
- **Leptonowy** -> fabryka Higgsa, ilość wytworzonych cząstek pozwala na ich precyzyjne pomiary,
- **Hadronowy** -> nowa fizyka, kompletnie nowa
 - Nowe technologie magnesów

$$B\rho = \frac{p}{q}$$





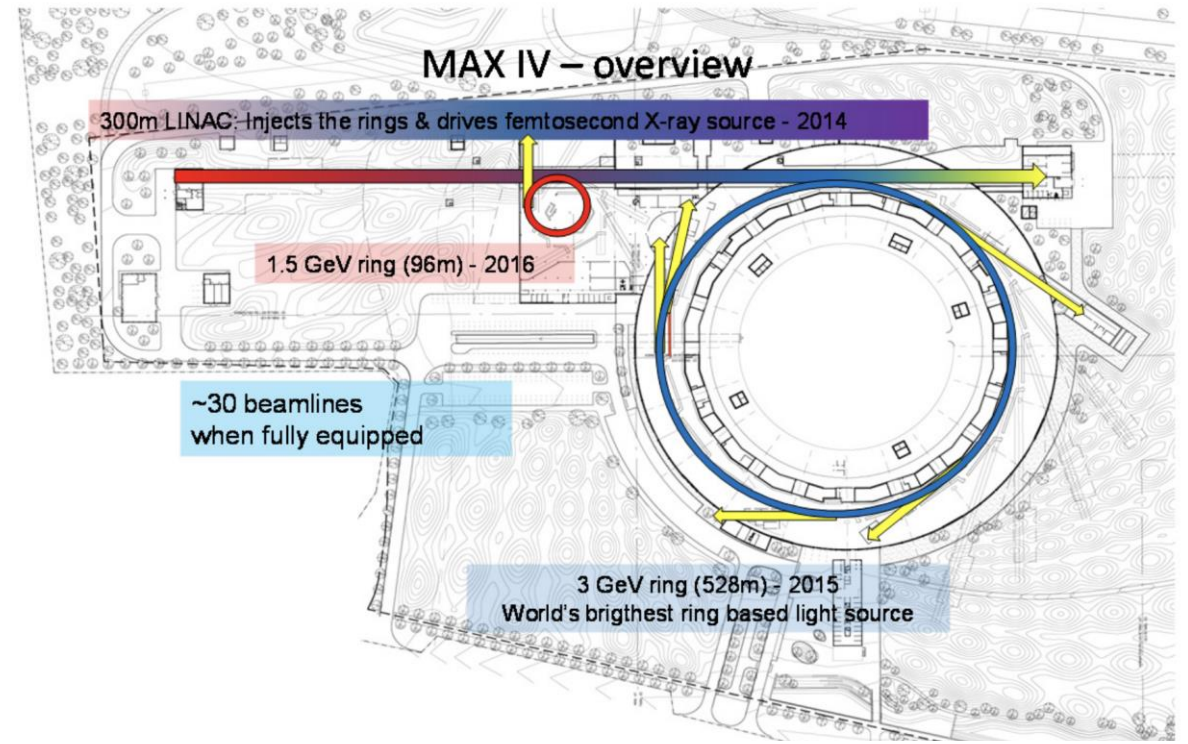
Źródła promieniowania synchrotronowego i neutronów

Dwa komplementarne ośrodki w jednym mieście

MAX IV 2015-

- Źródło promieniowania synchrotronowego najnowszej generacji
 - Dużo większa intensywność dzięki bardzo małej emitancji wiązki!
- 16 działających linii wiązki fotonowej 4eV – 40keV

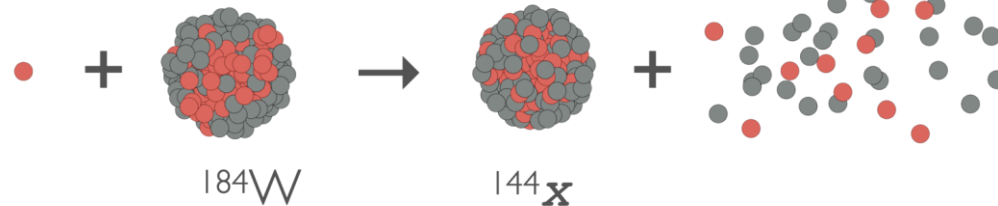
- ...*Solaris w Krakowie*



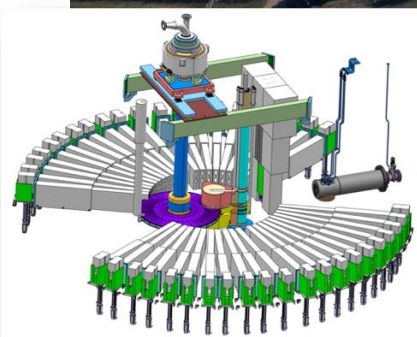
ESS Linac 2019-

Potężny akcelerator dla produkcji wysoko intensywnej wiązki neutronów

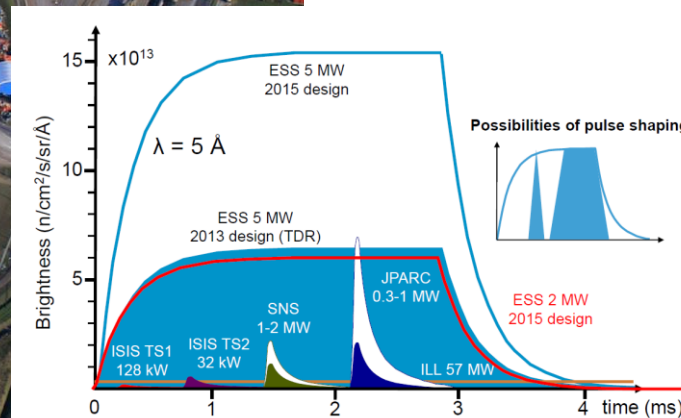
2 GeVt Protons



Spallation



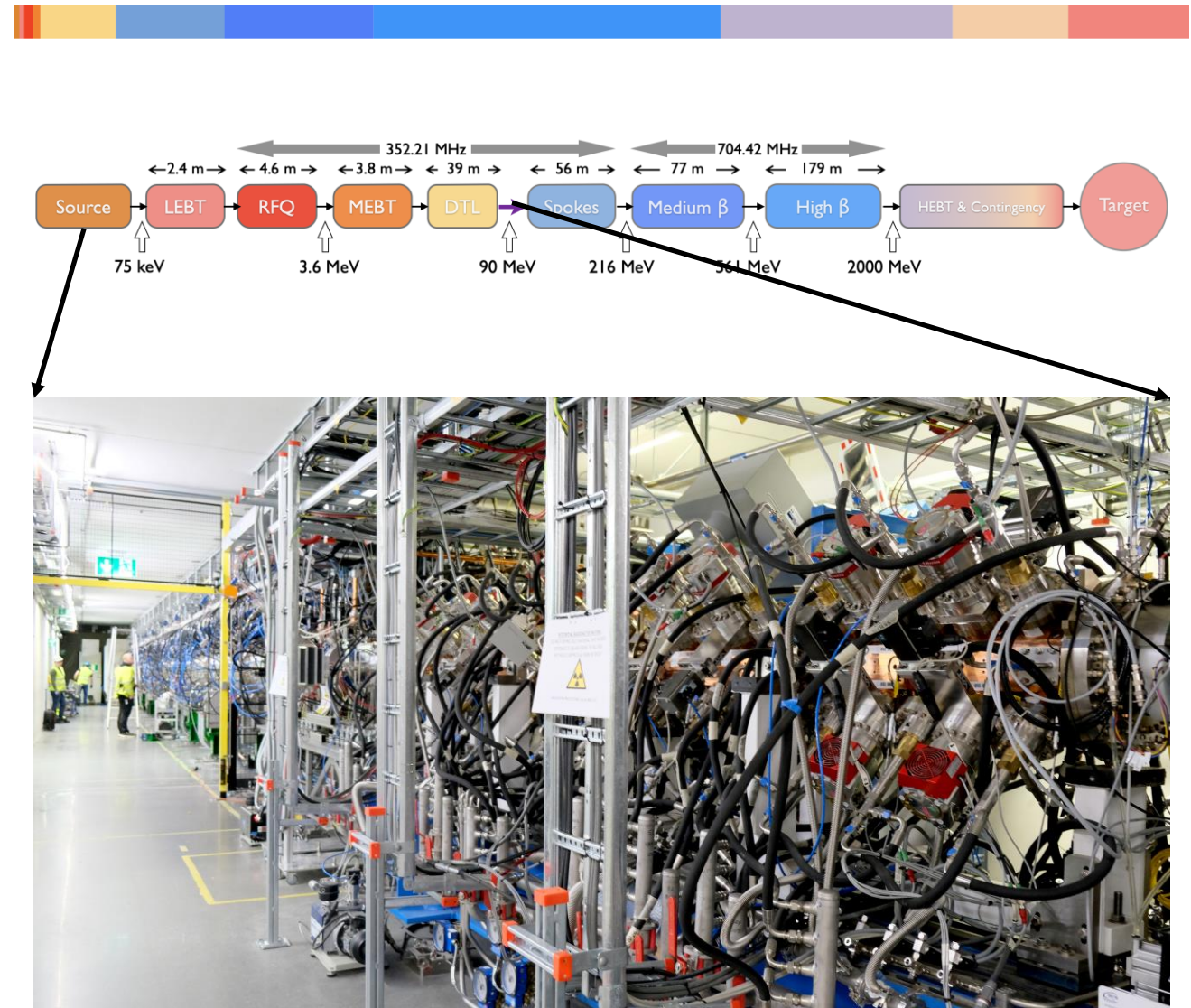
Innowacyjna tarcza, pozwalając na dostarczenie wiązki neutronów dla więcej niż 20 eksperymentów!



ESS Linac 2019-

(instalowany i testowany etapami)

- Najpotężniejszy (największa moc) akcelerator
 - 5MW docelowo, 2MW etap pierwszy
 - Wyjątkowo długa paczka (2.8ms), docelowo 10^{15} protonów.
 - Wysyłanych 14 razy na sekundę!
- 80% maszyny nadprzewodzące (wnęki przyspieszające)



Podsumowanie

- Około 25 000 akceleratorów na świecie!
 - Większa część (ok 14000) medyczna
 - Ok **400 akceleratorów ‘rozsianych’ w jednostkach naukowych.**
- Wiele nowych, w budowie w tym parę ‘długoterminowych’ projektów
- Długoterminowe ‘zapotrzebowanie’ na naukowców związanych z akceleratorami,
 - Potrzeba (jak w każdej dziedzinie) nowych adeptów, warto ‘zarazić bakcylem’ już na lekcjach fizyki...

Koniec **wstępu** do:
Wstępu do akceleratorów

Dziękuję za uwagę