

CERN veiklos Lietuvoje, duomenų perdavimo poreikiai ir perspektyvos.

Juozas Vidmantis Vaitkus (detektoriai)
Aurelijus Rinkevičius (duomenų analizė)
Algimantas Juozapavičius (IT)
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas,
VU bendradarbiavimo su CERN centras



Pranešimo turinys:

- Mokslo centras – CERN
- Lietuvos komandų veikla įtakojusi Lietuvos įsijungimą į CERN asocijuotos narystės teisėmis
- Duomenų srautai CERN eksperimentuose
- Ką gali duoti bendradarbiavimas su CERN?

European Organization for Nuclear Research (CERN),

tiksliau,

Europos elementariųjų dalelių fizikos laboratorija



- CERN, “where the web was born”, is the leading High-Energy Physics laboratory.
- 22 šalys finansuoja 800 M€ metams, pastovių darbuotojų 2200.
- Į veiklą įtraukia virš 10,000 HEP mokslininkų iš 600 institutų 113 šalių, atstovaujančių 100 tautų

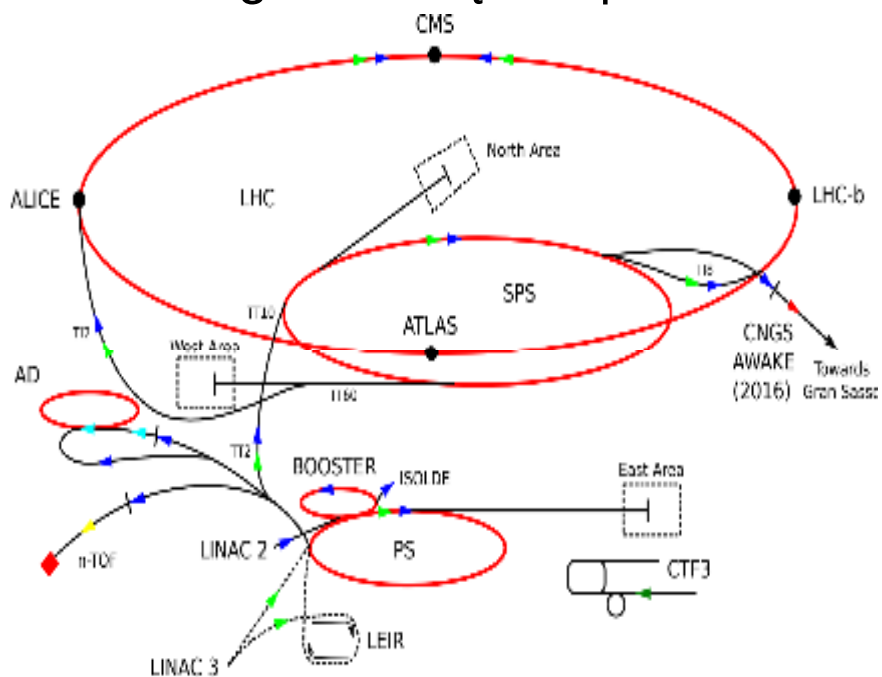


- **CERN flagship project, the Large Hadron Collider (LHC).**

- Pirmame darbo etape, sukūrus virš 100 PB duomenų, atrastas Higgso bozonas.
- Atradimas paskelbtas 2012 liepą.
- Nobelio premija **Peter Higgs ir Francois Englert** 2013 m. už teoriją paskelbtą 1964 m.

Didysis Hadronų Daužytuvas (LHC)

CERN greitintuvų kompleksas



LHC: Didysis hadronų kolaidėris

SPS: Protonų supersinchrononas

AD: Antiprotonų stabdiklis

ISOLDE: Izotopų atskyrėjas

PSB: Protonų sinchronono kaupiklis

PS: Protonų sinchrononas

LINAC: Linijinis greitintuvas

LEIR: mažos energijos jonų žiedas

CNGS: Cerno neutrinių pluoštas link Grand Sasso

CTF3: CLIC (Kompaktinis linijinis greitintuvas) testinis įrenginys



- Pristatyta duomenų @ \sqrt{s}
(barnais): $1 \text{ fb}^{-1} \sim 0.5 \text{ PB}$ (CMS)

- **R1** 6.13 fb^{-1} @7 TeV 2011

- **R1** 23.3 fb^{-1} @8 TeV 2012

- **R2** 4.22 fb^{-1} @13 TeV 2015

- **R2** 40.8 fb^{-1} @13 TeV 2016

- **R2** 50.0 fb^{-1} @13 TeV 2017

- **R2** $42.+ \text{ fb}^{-1}$ @13 TeV 2018

- Viso: 166 fb^{-1} ir auge

- Susidūrimų \sim kas 25 ns (40/MHz)

Eksperimentai vykdomi CERN'e

ACE - antiprotonai biomedicinai

AEGIS – tiria, kaip Žemė traukia antiprotonus ir protonus

ALICE - kvarkų ir gliuonų plazmą

ALPHA - antivandenilio tyrimai

AMS - kosminės dalelės

ASACUSA – kuria antivandenilį, egzotinį anti-heliją (elektroną pakeičia antiprotonu)

ATLAS - Higgso bozonas ir supersimetrinės dalelės

ATRAP - lygina vandenilį ir antivandenilį

AWAKE - tiria, kaip plazma gali pagreitinti daleles

BASE - protonų ir antiprotonų magnetinio momento tyrimas

CAST – Aksionų teleskopas hipotetinėms dalelėms gaudyti

CLOUD - tiria, kaip galaktiniai kosminiai spinduliai įtakoja į debesis, t.y. klimato mokslai

CMS - Higgso bozonas ir supersimetrinės dalelės

COMPASS - tiria, kaip kvarkai ir gliuonai sąveikauja ir sukuria pamatomas daleles

DIRAC - kuria pioninius atomus, tiria stipriosios sąveikos priklausomybę nuo atstumo

ISOLDE – gamina įvairius atomus – alchemija.

LHCb - kuo skiriasi medžiagos ir antimedžiagos dalelės

LHCf - kuria dalelių kaskadus, kas vyksta kosminiuose spinduliuose

MOEDAL – ieško magnetinio monopolio

NA61/SHINE - sunkių jonų daužymas ir neutrinių pluoštai

NA62 kaonų ir T-kvarkų tyrimas tikslinant Standartinį modelį tyrimas

NA63 – elektronai ir pozitronai stipriuose elektromagnetiniuose laukuose, kas svarbu astrofizikai

nTOF - neutronų lėkio eksperimentai skirti geriau suprasti branduolines reakcijas

OSQAR - bando fotonus paversti aksionais stipriame magnetiniame lauke

TOTEM - skirtas pačių protonų tyrimui – sklaida mažu kampu, todėl prietaisas yra “ilgiausias”~500 m.

UA9 - tiria, kaip kristalais galima valdyti dalelių pluoštus

AMS

CERN'o Alfa magnetinis spektrometras (64 m³)

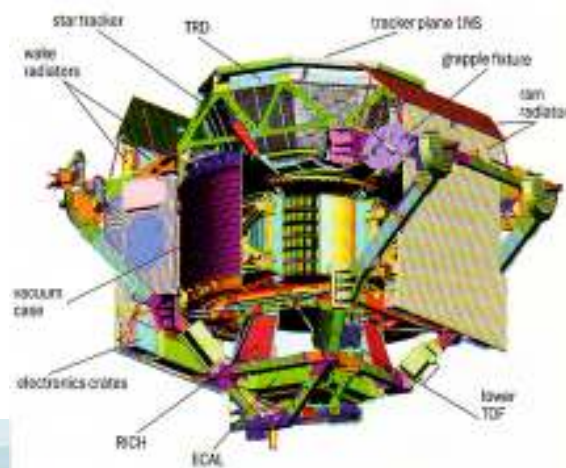
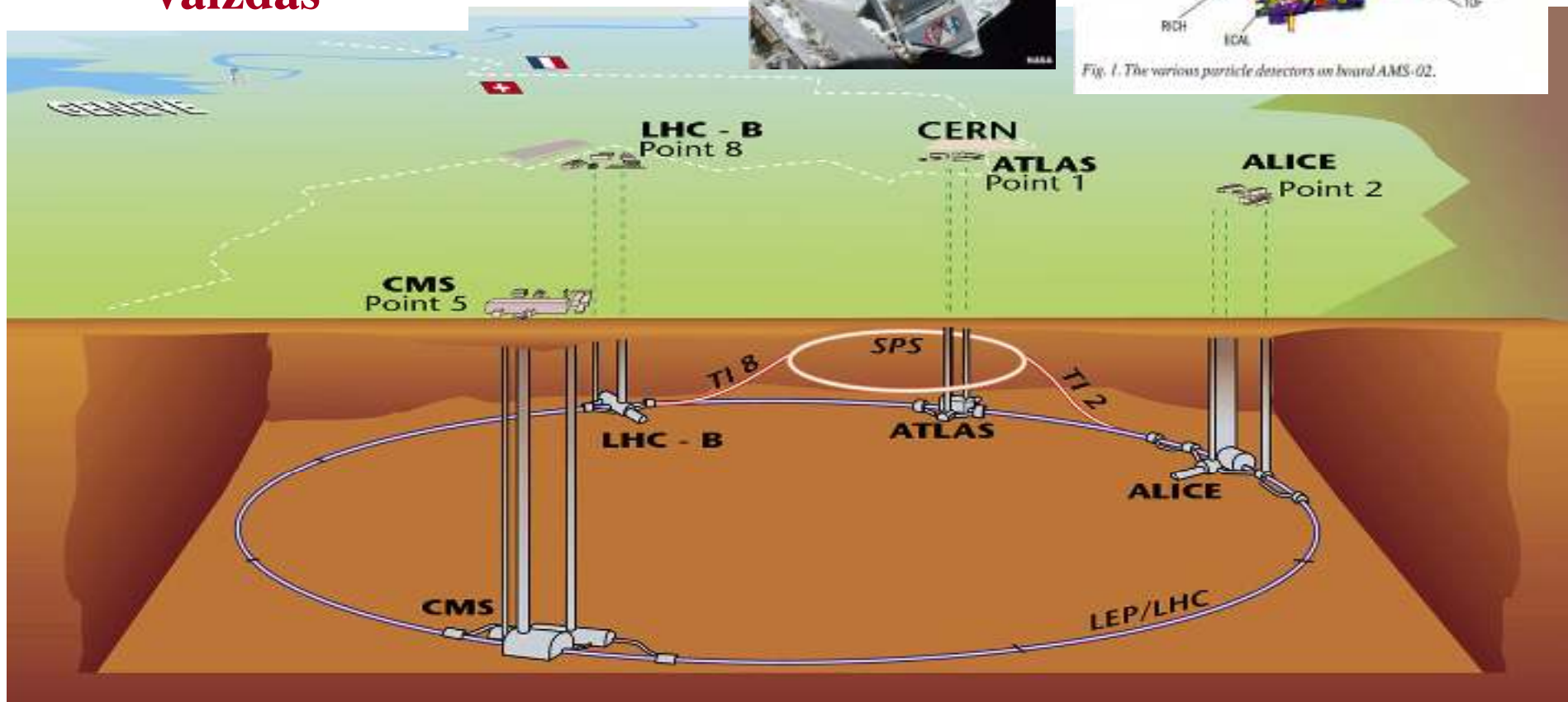


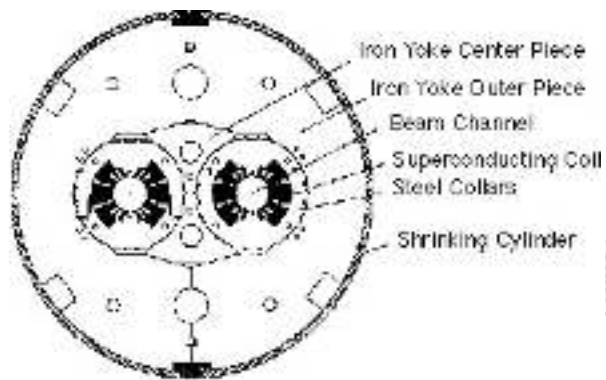
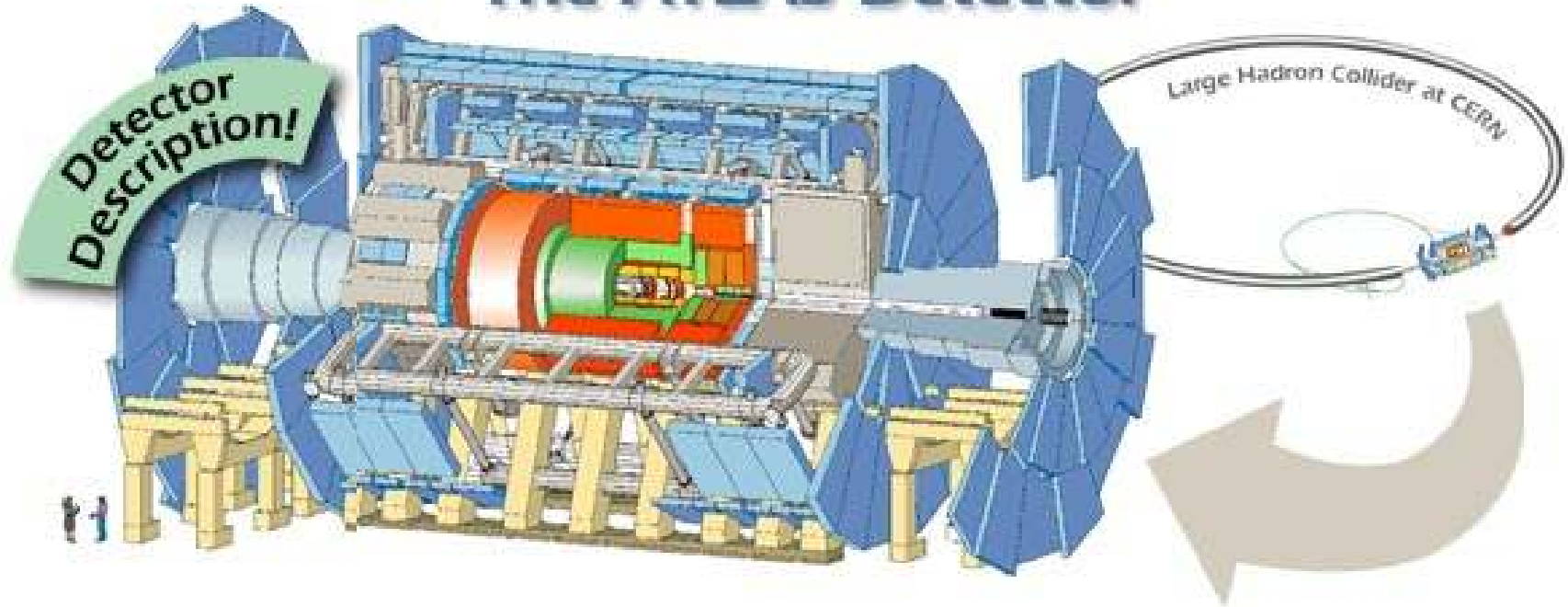
Fig. 1. The various particle detectors on board AMS-02.

Bendras (LHC) vaizdas

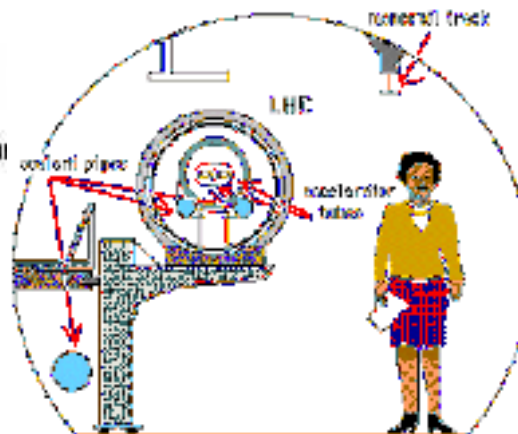


27 km apskritis, 100 m po žeme, 4 pagrindiniai eksperimentai

The ATLAS Detector

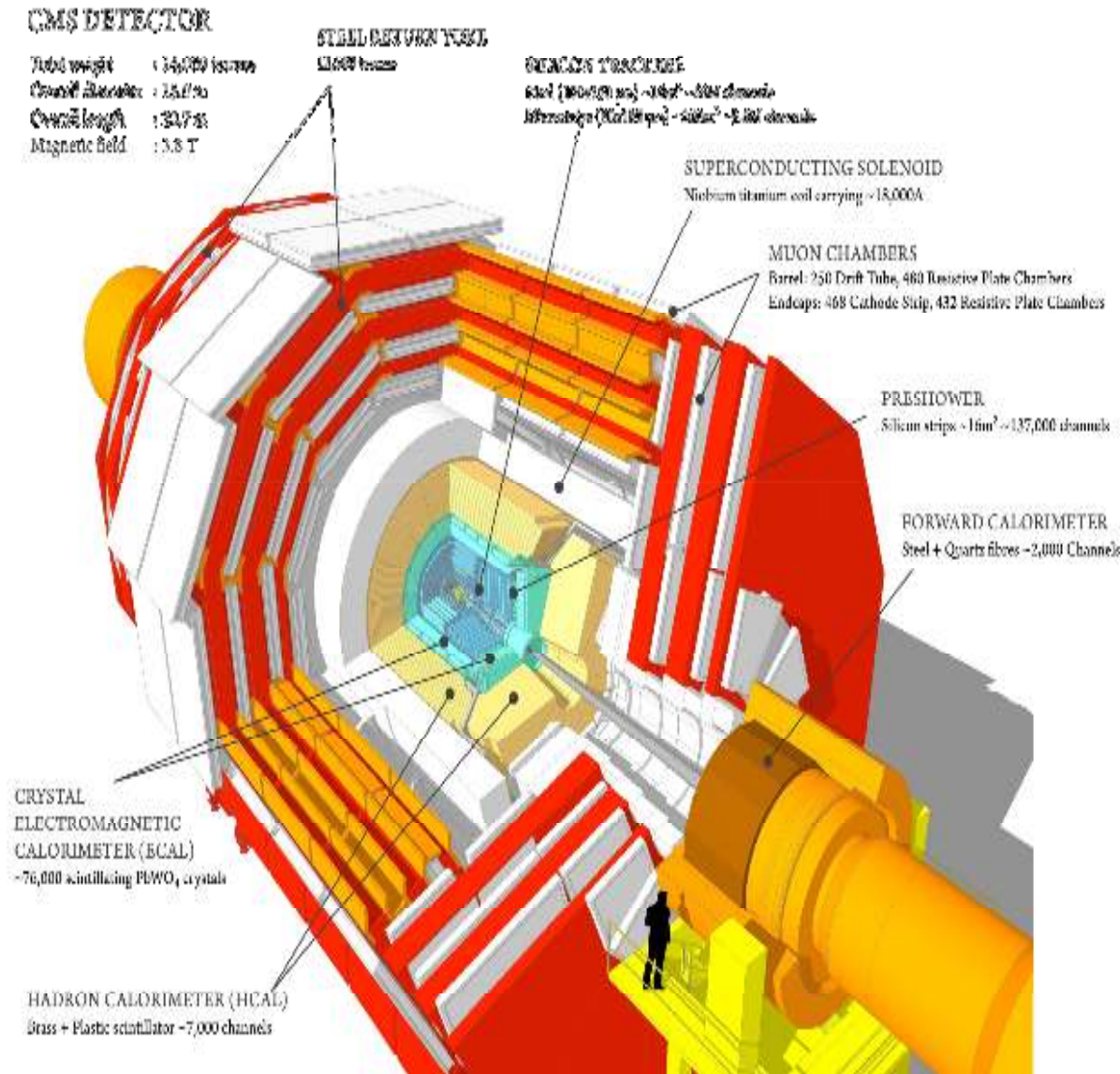


Two-in-One Magnet



Detektorius: Kompaktiškasis Muonų Solenoidas

CMS detektorius su išpjova



40 MHz

×

40 p-p susidūrimų

×

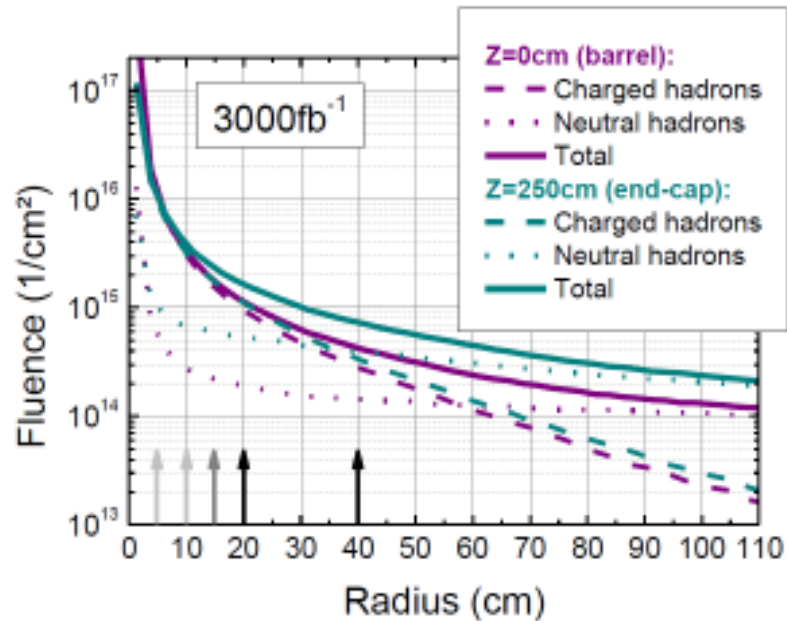
~1000 skeveldrų

=

>50 Tb/s

Galutinė dalelė	Raiška
γ	1.5% @ 60 GeV
e	2-4% @ GeV
μ	1-1.5% @ 10 GeV
j	$\alpha(10)\%$

CERN (LHC) iššūkiai



- Standartinio **Si** detektoriai dirba iki apšvitos 10^{15} cm^{-2}
- Detektorių pakeitimui vien įrangos atidarymas - ~35 KCHF.
- Reikalinga pagerinti **Si** ar rasti kitas medžiagas detektoriams.

- Iki šiol preciziškai registruojamos tik dalelių trajektorijos.
- Numatyta pradėti registruoti dalelės greitį.
- Tam reikalingi spartesni detektoriai, tiek puslaidininkiniai, tiek ir scintiliatoriniai.
- Iššūkis atsakui: 1 ns detektoriuje, 10 ps scintiliatoriuje.
- Reikalingos pralekiančios dalelės momentų skirtingose trajektorijos vietose registravimo sistemos.

Lietuva ir CERN

„Priešistorija“.

- J.Požela SSRS MA atstovas CERN'ė
- Lietuvai tapus nepriklausomai, įkuriamas Pasaulio laboratorijos filialas Lietuvoje, pradedamas projektas dėl radiacinio elektronikos atsparumo tyrimo triukšmų metodu (PFI: **akad. J.Požela, profesoriai V.Bareikis, A.Matulionis** ir kt; MGS „Venta“ **dr.R.Navickas**).
 - **K.Smith** (Glazgo U) pakviečia į projektą įsijungti **J.Vaitkaus grupę** tirti radiacijos detektorių atsparumą radiacijai.
- Darbai vykdomi po CERN RD8 skėčiu.
- Darbų pabaiga: 1998 m.
- J.Vaitkaus komanda tęsia darbus Glazgo U projekte.(**visiting prof.**)

Žingsniai link dabarties:

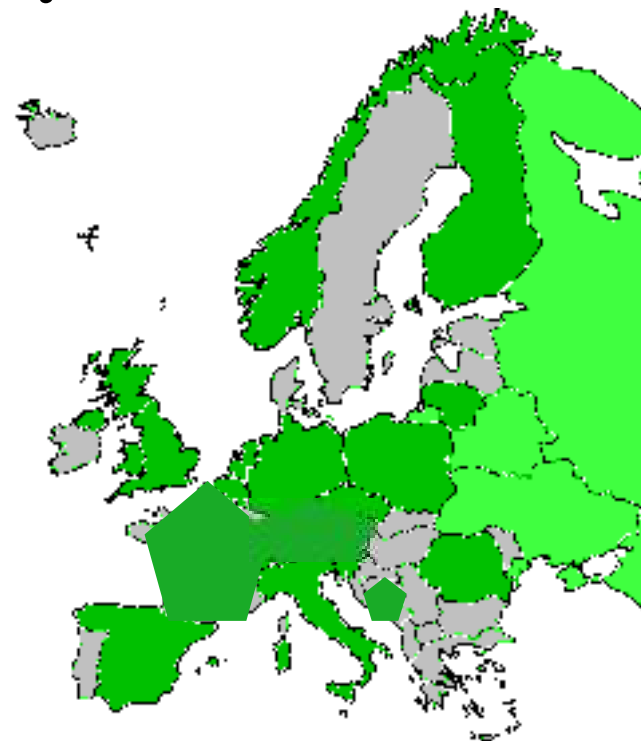
- 2002 m. – įsijungiama į steigiamą CERN RD50 (**J.Vaitkus, E.Gaubas**)
- 2003 m. VU komanda pakviečiama įsijungti į CERN RD39
- 2004 m. pasirašoma LR-CERN bendradarbiavimo sutartis
- 2007 m. sutartis papildoma protokolais, leidžiantys įsijungti kitų sričių komandoms:
 - Įsijungia IT, **prof. A.Juozapavičiaus komanda**,
 - Įsijungia TFAI, **dr. A.Juodagalvio komanda**
- 2011-2015 m. CERN EU FP7 AIDA projektas
- 2015-2019 m. CERN EU Horizon2020 AIDA2020 projektas, greta J.Vaitkaus ir E.Gaubo įsijungia **prof. G.Tamulaičio komanda**
- 2016 m. **G.Tamulaičio komanda pakviečiama į CERN RD18.**
- **Dr.A.Juodagalvio grupė**, CMS dujiniai detektoriai
- 2016 m. LR pakviečiama siekti asocijuotos narystės CERN'ė
- **2018 m. LR Seimas ratifikuoja asocijuotos narystės sutartį.**

RD50 - Development of Radiation Hard Semiconductor Devices for High Luminosity Colliders

345 Members from 59 Institutes

46 European institutes

Austria (Vienna), **Belarus** (Minsk), **Belgium** (Louvain), **Czech Republic** (Prague (3x)), **Croatia** (Zagreb), **Finland** (Helsinki), Laappeenranta), **France** (Paris), **Germany** (Dortmund, Erfurt, Freiburg, Hamburg, Karlsruhe, Munich), **Italy** (Bari, Bologna, Florence, Padova, Perugia, Pisa, Torino, Trento), **Lithuania** (Vilnius), **Netherlands** (NIKHEF), **Norway** (Oslo (2x)), **Poland** (Warsaw(2x)), **Romania** (Bucharest (2x)), **Russia** (Moscow, St.Petersburg), **Slovenia** (Ljubljana), **Spain** (Barcelona, Valencia, Sevilla), **Switzerland** (CERN, PSI, Zurich), **Ukraine** (Kiev), **United Kingdom** (Exeter, Glasgow, Lancaster, Liverpool)



10 North-American institutes

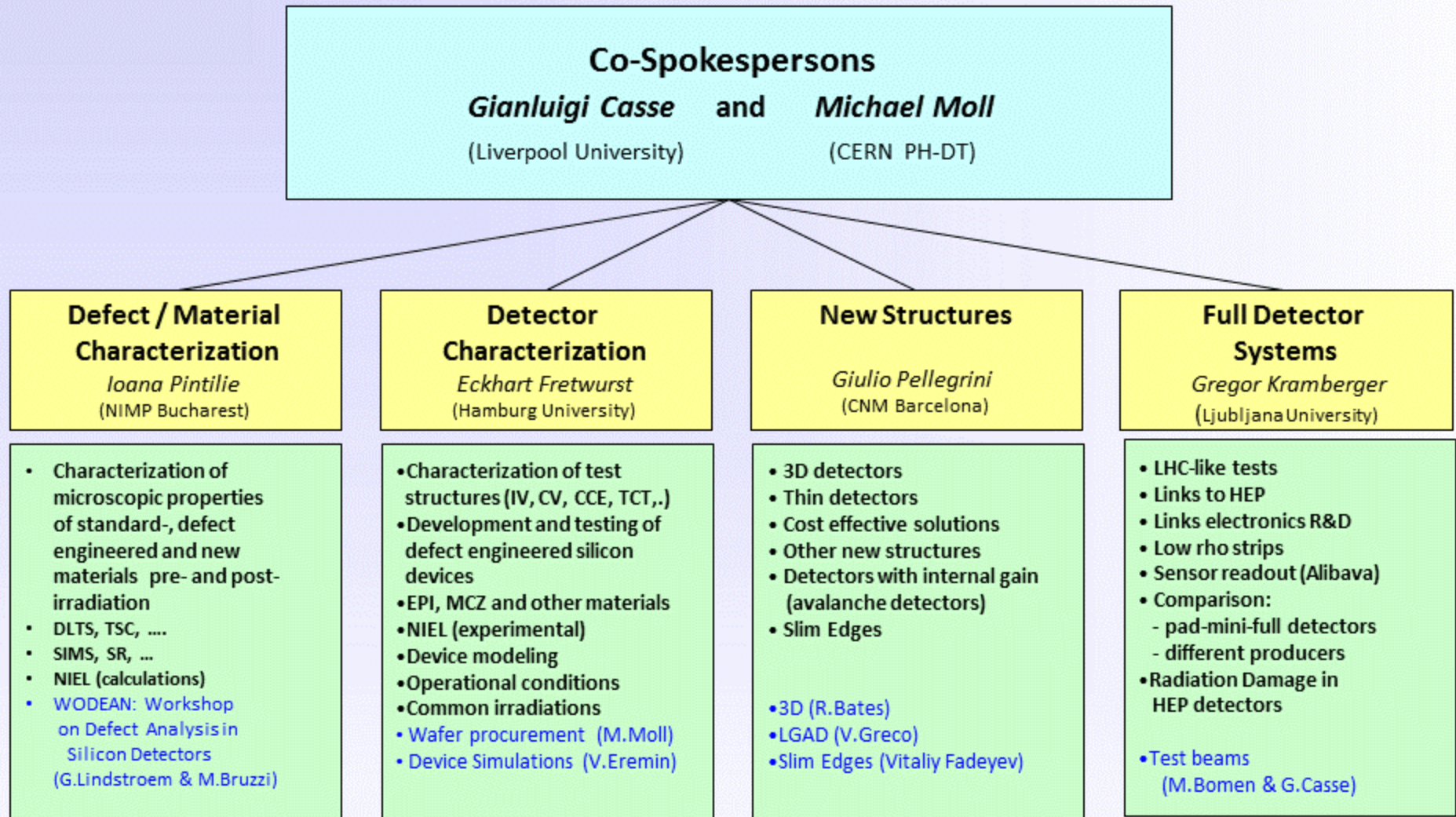
Canada (Montreal), **USA** (Berkeley, BNL, Brown, Fermilab, New Mexico, Purdue, Rochester, Santa Cruz, Syracuse)



3 Asian institutes

China (Beijin), **Israel** (Tel Aviv), **India** (Delhi)

Detailed member list: <http://cern.ch/rd50>



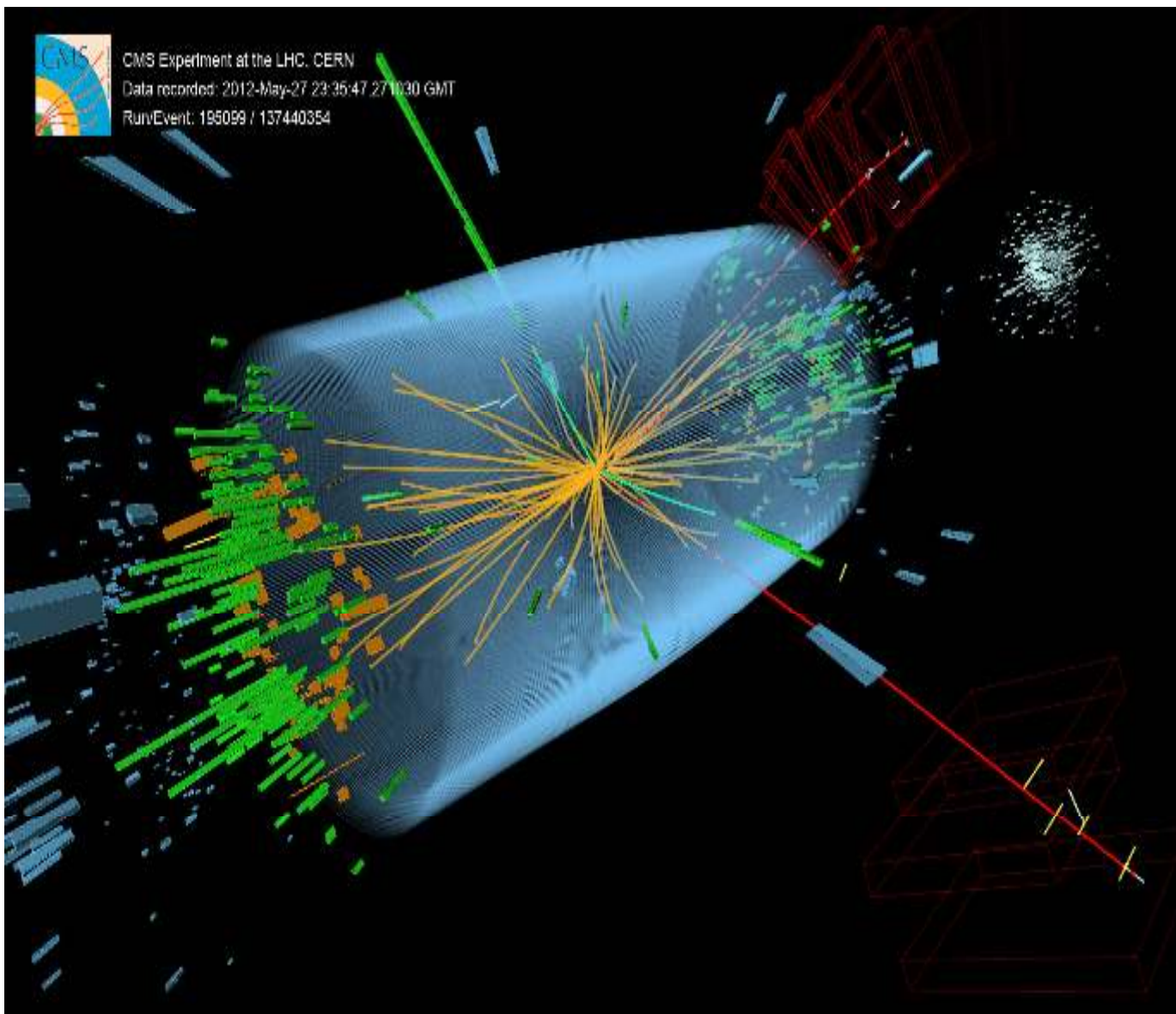
Collaboration Board Chair & Deputy: G.Kramberger (Ljubljana) & J.Vaitkus (Vilnius), Conference committee: U.Parzefall (Freiburg)
CERN contact: M.Moll (PH-DT), Secretary: V.Wedlake (PH-DT), Budget holder & GLIMOS: M.Glaser (PH-DT)

Galima būtų ir plėstis:

- Dalyvaujama ne tik vykdomuose eksperimentuose valdant duomenis ar dalyvaujant radiacijos kontrolėje bei protono pluošto skerspjūvio vaizdinime (**tam VU FNTI prof. Eugenijaus Gaubo komanda sukūrė specialų prietaisą**), **kuris dabar jau CERN'e**.
- Dirbama ir siekiant patobulinti detektorius orientuojantis į ateityje numatomus LHC protonų pluošto intensyvumą:
 - CMC priekinis kalorimetras – prof. Gintauto Tamulaičio (FNTI) komanda
 - Naujo tipo detektoriai – prof. Eugenijaus Gaubo (FNTI ir FF) komanda.
 - Tiriama ypatingai stipriai apšvitinti Si bandiniai, kad nustatyti jo ribines galimybes – JV ir prof. Eugenijaus Gaubo (FNTI) komandos
 - Modeliuojami prietaisai ir defektų dariniai specialiomis programomis (Doc. Ernestas Žasinas ir studentai FNTI ir FF))

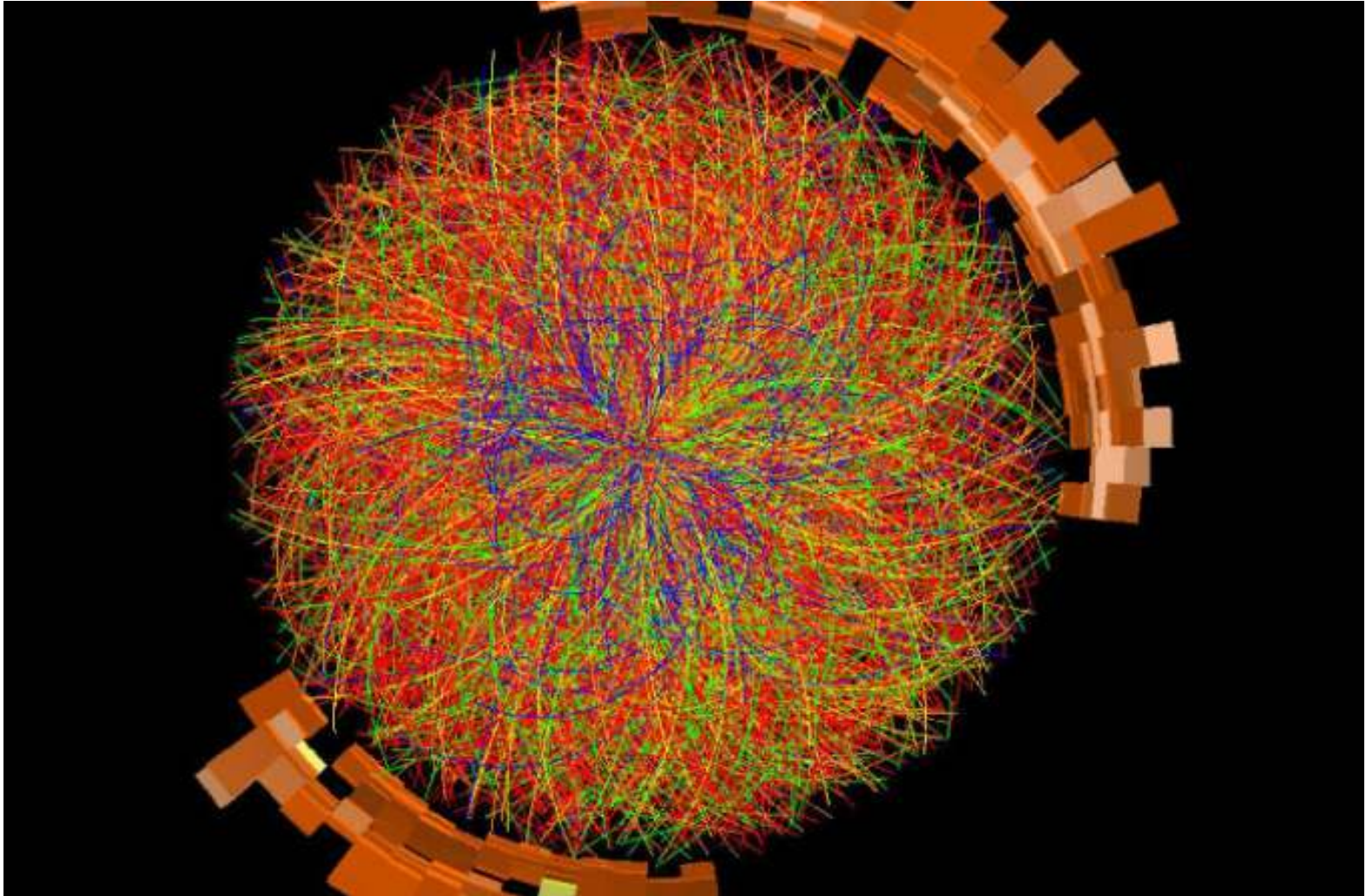


Užfiksuotas „kadras”



LEAD IONS COLLIDE IN THE ALICE DETECTOR

ALICE, 27/11/2015 00:00 By colliding lead ions the LHC experiments can study a state of matter that existed shortly after the Big Bang.



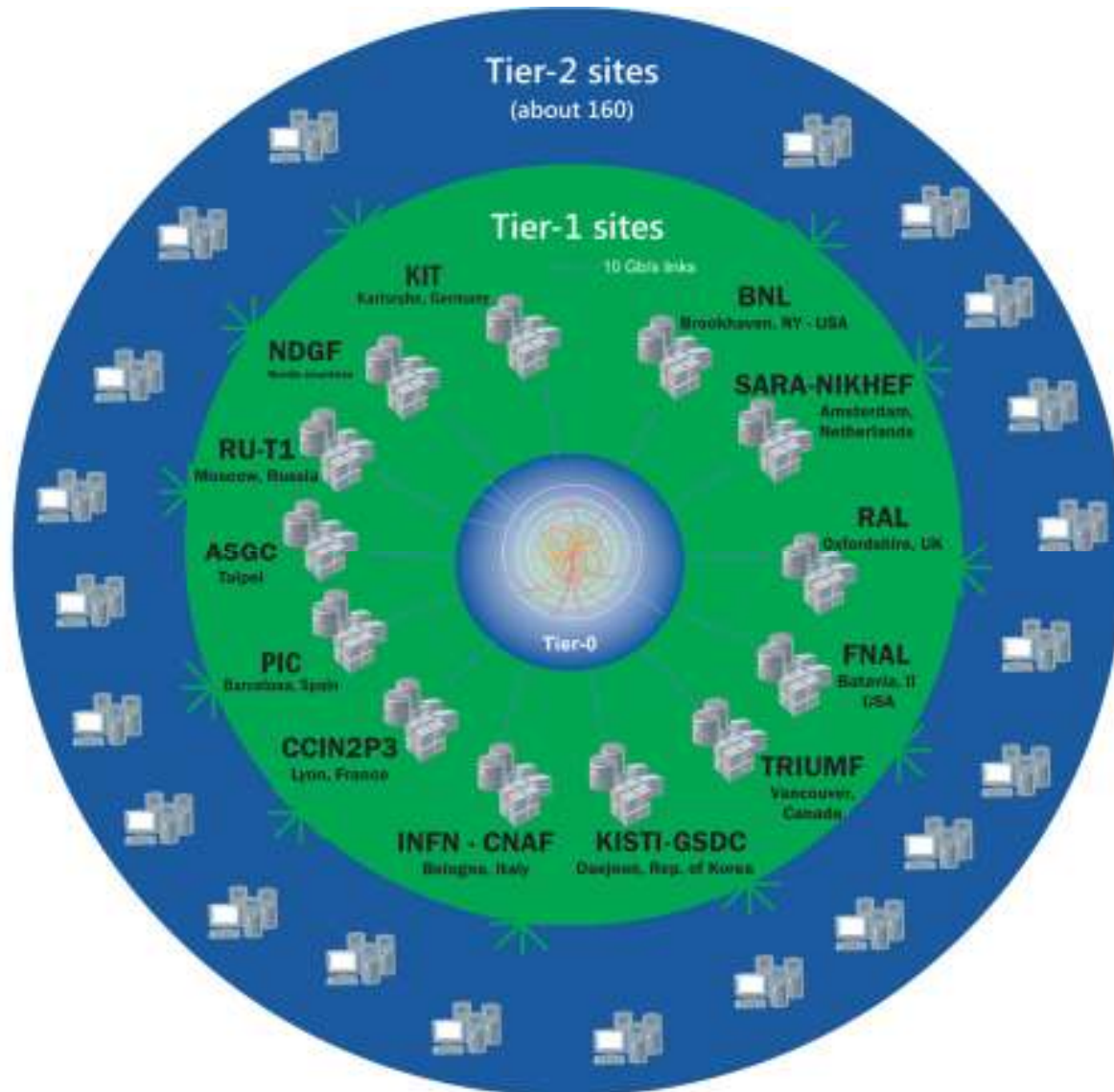
Vartotojo Duomenų Poreikiai

1. Tyrimui reikalingi duomenys (nuotoliniame) klasteryje prieš filtravimą: ~0.5 Pb
2. Atrinkti duomenys pirminiu filtravimu: **0.5-5 TB**
 - Saugomi lengvai prieinamoje vietoje
3. Duomenys po antrinio filtravimo: **~1 GB**
4. Susisteminti duomenys galutinėje stadijoje: **~10 MB**

Lietuvoje šiuo metu 1 vartotojas. 2019 m.: bus 2

- Vartotojo Duomenų Srautai:
- **0,5 (1) TB** perskaičiuojama kas 2 sav.
- **~1 GB** perskaičiuojama kas dieną (ir dažniau)

Bendra GRIDo schema





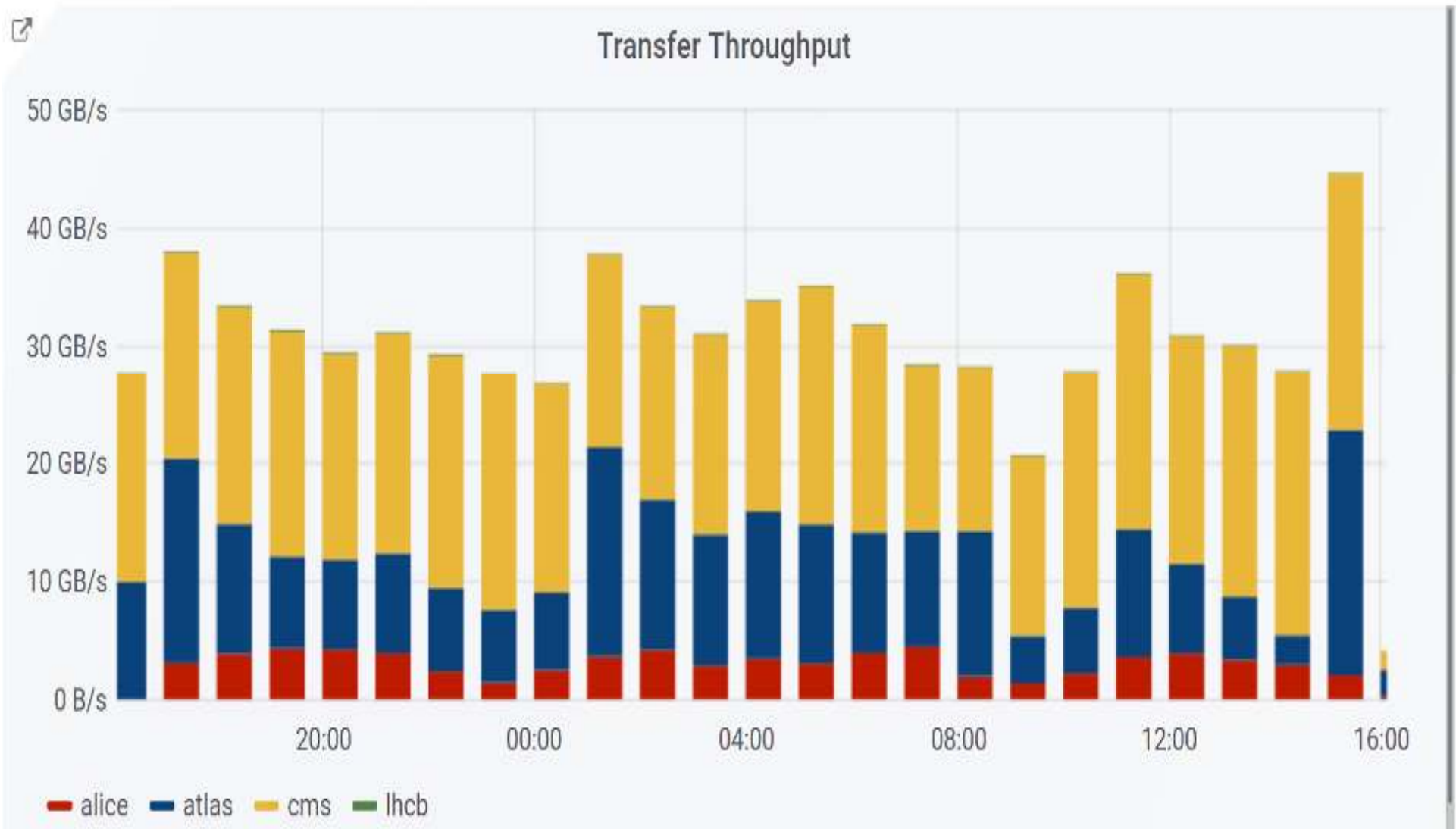
LHC kompiuterinis tinklas

Tier centres



Bendra GRIDo Apkrova

Last 24 hours



Pavyzdinės Tier 2 Apkrovos

Tallinn, Estija

- Tinklas (I/O) Gb/s:
 - vid.: 2.2/1.2
 - maks.: 13/9
 - fizinis: 20/20
- Diskų talpa:
 - 2.8 PB (užimta 2.4 PB, 86%)
- CPU: 6000, apkrova: 38%

Caltech, JAV

- Tinklas (I/O) Gb/s:
 - vid.: 8/5
 - maks.: 20/15
 - fizinis: 100/100
- Diskų talpa:
 - 6 PB (užimta 3.5 PB, 58%)
- CPU: 4000, apkrova: 60%

Šabloninis Tier 2

Lietuva

- Tinklas (I/O) Gb/s:
 - vid.: 1.0/0.5
 - maks.: 5/5
 - fizinis: 20/20
- Diskų talpa:
 - 2.0 PB (užimta 1.0 PB, 50%)
- CPU: 2000, apkrova: 50%

Stažuotės studentams, kokios temos gali būti skiriamos studentams (šiuo atveju, 2018 metais), kurios **mes kas metai siunčiame stažuotėms (po tris mėnesius), maždaug po 8 studentus per metus, jau esame pasiuntę virš šimto dešimt** studentų.

- In 2008 the Faculty of Mathematics and Informatics from Vilnius University in Lithuania established a collaborating with the CMS experiment in giving 35 students in spring and summer every year the occasion to work on a specific project in the experiment.
 - The students work on a specific project in the various teams of CMS, typically developing new software which is then used in the collaboration.
 - This way the students get immediate feedback on their work and face the challenges of "real life" feedback in their projects.

Projects for Spring 2018 that have been selected

- **1. Optimisation of data access**
 - Supervisors: Daniele Bonacorsi, Andrea Sciabà
 - Description: CMS transfers huge amounts of data among the sites participating to its computing activities. Raw data are copied to Tier1 sites for archival, reconstructed data are distributed to external sites for user analysis and Monte Carlo simulation performed at Tier2 sites is transferred to CERN and to Tier1 sites. More recently data transfers have become much more dynamic and driven by data popularity, by which datasets are transferred, or replicas deleted, based on how much they are used. Moreover, remote data access has become viable as an alternative to running on locally available data. The student will work on studying data management metrics (local vs remote access) to better understand the cost of accessing data and the impact of data access on the resource utilisation efficiency.
 - Required skills: Python, UNIX tools. Knowledge of Machine Learning algorithms and statistics would be beneficial.
- **3. Python Network Library to interface DQMGUI**
 - Supervisors: Marco Rovere
 - Description: The DQMGUI is a central component of the DQM Framework that is used both for live, online monitoring of the CMS Experiment, and offline for Data Certification purposes. The "Live" component of the DQMGUI is based on an adhoc developed network layer that is capable of shipping information, in the form of ROOT histograms across different machines. The network communication layer has been designed to be resilient to problems, fully asynchronous and event driven. The goal of this project is to build a python module that will be able to talk to the network layer in the very same manner, opening the possibility to monitor in the DQMGUI quantities that are not strictly data-event related.
 - Required skills: Strong knowledge of network programming, strong knowledge of Python.
- **7. Development of CMS web analytics**
 - Supervisor: V. Kuznetsov
 - Description: CMS collaboration is looking for a student to analyze and develop various metrics based on log files collected real time from CMS web data services. In particular, we are interested in understanding data spikes caused by user activities and finding their cause. The work will require parsing apache log and extract, analyze and understand user requests. Required skills: Python language, Linux, shell tools Tags: data analytics, datavisualization
- **11. CMS Dashboard/HTCondor/AAA aggregation using Hadoop and Spark**
 - Supervisor: Valentin Kuznetsov, Carl Vuosalo, JeanRoch Vlimant Description: The CMS collaboration is looking for a student to develop Hadoop and Spark tools to aggregate data from three data sources: the CMS Jobs Dashboard, HTCondor ClassAds, and AAA/XRootD. We need to aggregate metrics related to file usage and send the results to the central CERN IT analytix Copyright &© 20082018 by the contributing authors. All material on this collaboration platform is the property of the contributing authors. Ideas, requests, problems regarding TWiki? Send feedback platform. The successful candidate should either demonstrate knowledge of Hadoop and Spark tools or be willing to learn them quickly during the internship. Knowledge of Linux tools, AMQ, and data visualization is a plus. All work will be done using the Python language.
 - Required skills: Python, Linux, Hadoop/Spark (desired) Tags: Big Data, Hadoop, HDFS, Spark, data visualization

Mokslinių eksperimentų duomenų kokybės automatinis įvertinimas

Kryptis: 09P Informatika

Reikšminiai žodžiai: besimokančios sistemos (machine learning), duomenų kokybė (data quality), sertifikavimas, CERN CMS.

- Dabartinės informacinės technologijos leidžia kaupti milžiniškus duomenų kiekius (per metus CERN CMS sukaupia apie 10 PB duomenų), tačiau tik aukšta duomenų kokybė garantuoja patikimas logines išvadas. Be to, duomenų kokybę vertinantys ekspertai dažniausiai nėra duomenų kaupimo ir rūšiavimo metodologiją išmanantys specialistai.
- Vykdomo projekto tikslas – kelti tyrėjų kvalifikaciją, vykdant aukšto lygio mokslinį projektą, kurio uždavinio veiklą įgyvendinimui apjungiamos jų turimos skirtingų sričių kompetencijos. Šio tikslu kuriama besimokančios sistemos strategiją (Modelį) bei kompiuterinį jo įgyvendinimą (Platformą), leidžiančią įvertinti CERN LHC CMS eksperimento duomenų rinkinių, kurių kiekvieną sudaro daugybės atsitiktinių dydžių pasiskirstymų imtys, atitikimą sutapties bei kokybės kriterijoms. Tiksline strategijos pritaikymo sritimi pasirinkta CERN CMS eksperimente registruojamų duomenų kokybė.
- Kuriamą duomenų kokybės patikros (sertifikavimo) modelį taip pat galima taikyti moksle, versle ir atvirose bei ribotos prieigos visuomeninėse duomenų pateikimo ir analizės paslaugose. Aukšto programavimo lygio priemonėmis kuriama Platforma turės tokius komponentus, kaip draugiška grafinė vartotojo sąsaja, programinės įrangos integracijos sąsaja, besimokančios sistemos variklis, metaduomenų saugykla ir kitos.
- Ji diegiama VU MIF infrastruktūroje, kurios pagrindu bus teikiama atvira duomenų patikros (sertifikavimo) paslauga Lietuvos ir pasaulio mokslo bendruomenei. Šios priemonės suteiks galimybę supaprastinti, standartizuoti ir sumažinti išlaidas visų paslaugos naudotojų duomenų kokybės patikrai, sertifikuoti duomenis ir tokiu būdu pagerinti galutinių mokslinių rezultatų kokybę bei patikimumą.
- Projekte dirba: dr. Valdas Rapševičius (vadovas), prof. Algimantas Juozapavičius, dr. Andrius Juodagalvis, tyrėjai Mantas Stankevičius, Artiom Poluden, Aivaras Šilalė, Audrius Mečionis, o taip pat studentai (kas metai apytikriai po 8 studentus).

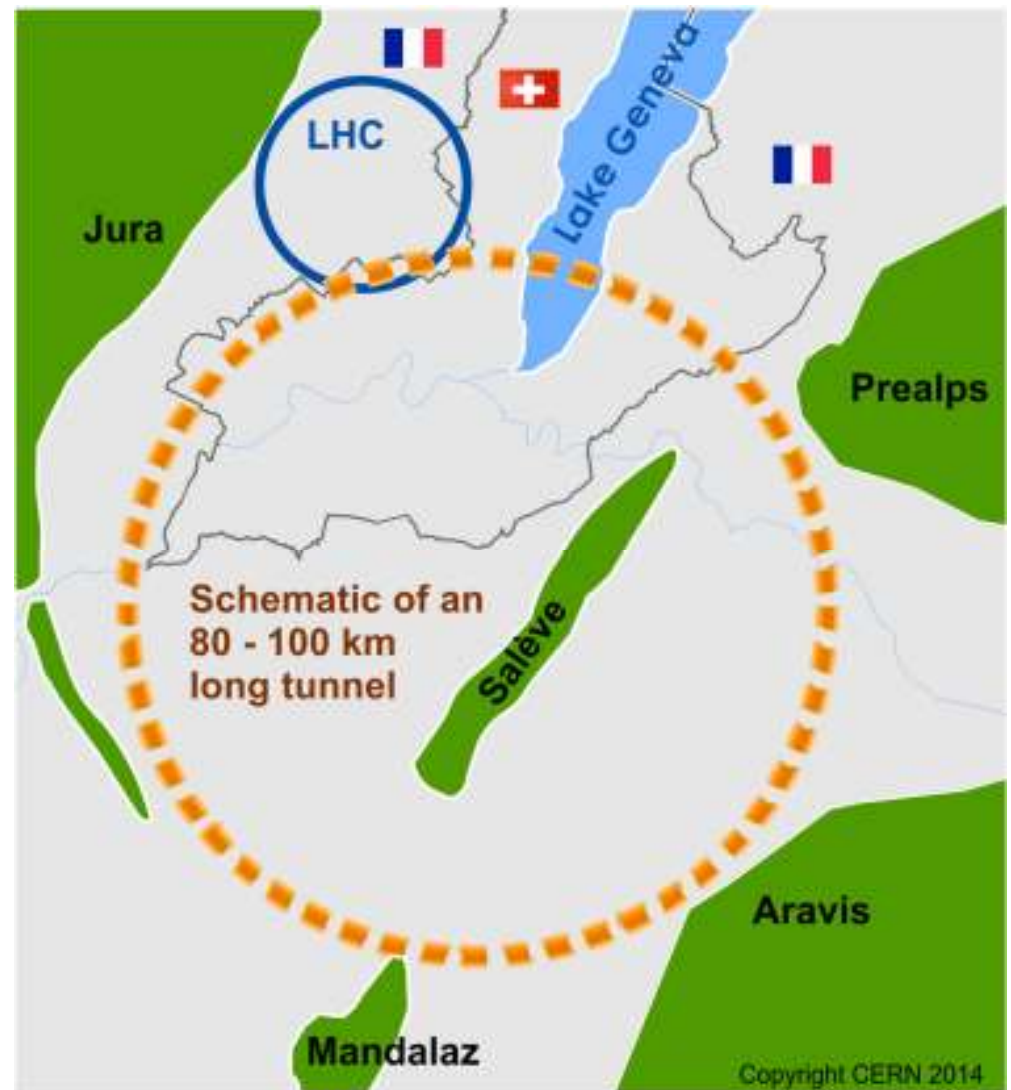
80-100 km infrastruktūra Ženevos apylinkėse

Dalelės išskirs energija iki 100 TeV protonų susidūrime

Jeigu LHC protonas pasunkėja ~ 7460 kartų, tai naujame greitintuve taps bent 53 000 kartų sunkesniais už ramybėsje esančius

Jis bus skirtas “daužyti”:

- *Protoną į kitą protoną*
- *Elektroną į pozitroną susmogimui*
- *Elektronu protoną.*



AČIŪ UŽ DĖMĘSĮ!

