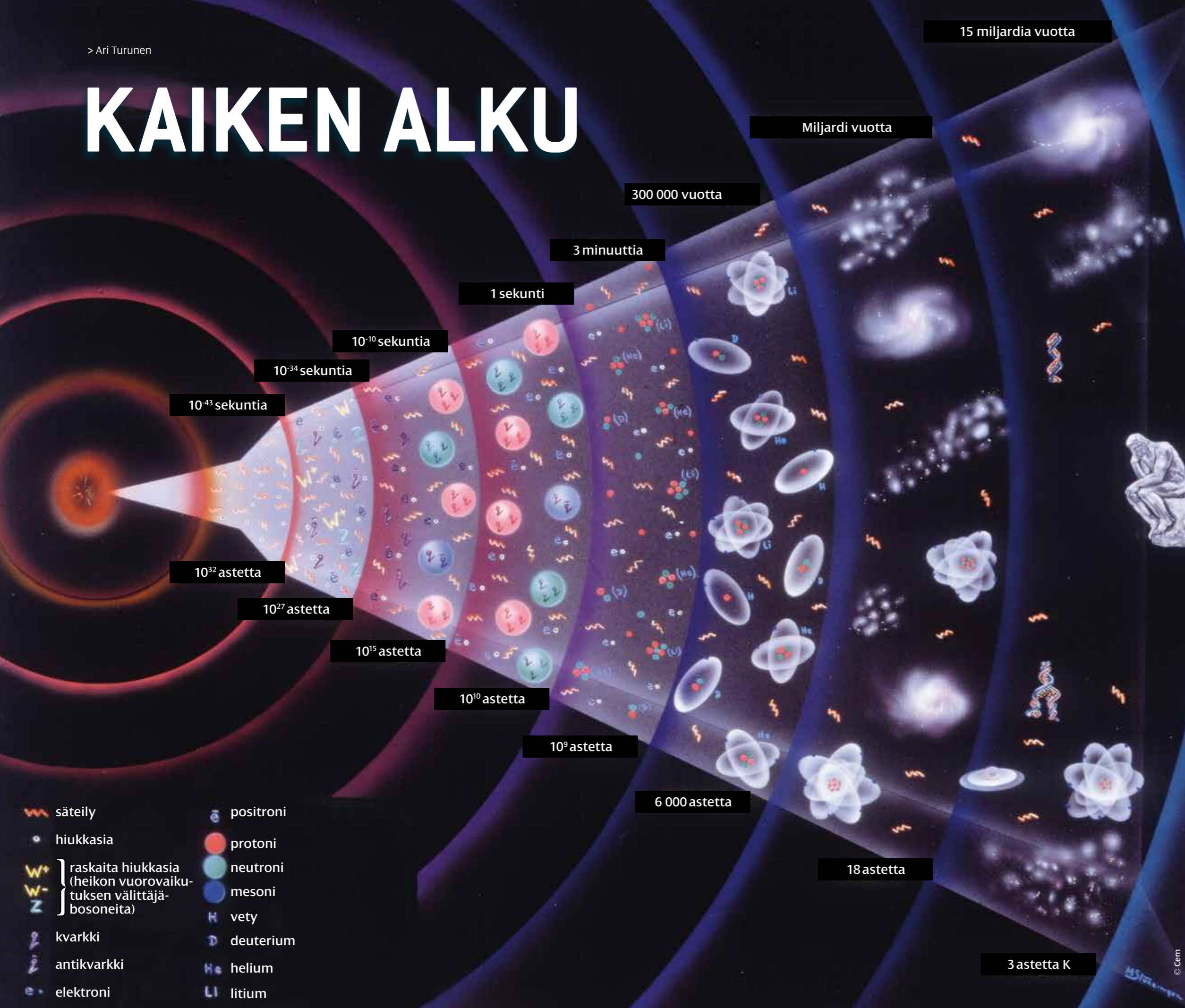


KAIKEN ALKU



- säteily
- hiukkasia
- raskaita hiukkasia (heikon vuorovaikutuksen välittäjäbosoneita)
- kvarkki
- antikvarkki
- elektroni
- positroni
- protoni
- neutroni
- mesoni
- vety
- deuterium
- helium
- litium

Euroopan hiukkasfysiikan tutkimuskeskuksen Cernin suuren hadronitörmäytin eli LHC:n avulla yritetään löytää ns. Higgsin hiukkanen, supersymmetriset hiukkaset ja pimeän aineen hiukkaset. Higgsin hiukkanen on puuttuva pala hiukkasfysiikan standardimallissa. Higgsin hiukkanen antaa massan muille hiukkasille. Cernin LHC-kokeeseen osallistuu 200 laskentakeskusta ja 8 000 tutkijaa, niiden joukossa Fysiikan tutkimuslaitos (HIP) ja tieteen tietotekniikan keskus CSC.

Cernin koeasemat havaitsivat 30.3. historialliset ensimmäiset suuren hiukastörmäytin (LHC) vastakkaisilla radoilla kiertävien protonisuihkujen 7 teraelektronivoltin (TeV) törmäykset. Se oli siihen mennessä suurin koskaan aikaansaatu energia hiukastörmäyksissä.

Cernin CMS-, ATLAS-, ALICE- ja LHCb-koeasemilla törmäytetään kaksi vastakkaisilla radoilla kiertävää protonisuihkua keskenään. Törmäytin sisällä hiukkaset törmäävät toisiinsa parhaimmillaan jopa 600 miljoonaa kertaa sekunnissa. Koeasemat tuottavat vuodessa 15 petatavua dataa, kun LHC:n tavoitetehot on saavutettu. Se vastaa samaa datamäärää, joka on 3,3 miljoonassa tavallisessa DVD-levyssä.

CMS JA ATLAS

Suurimmat koeasemat, ATLAS ja CMS, on suunniteltu uusien hiukkasten etsimistä ja hiukkasfysiikan standardimallia laajentavien teorioiden testaamista varten. Suomalaiset tutkijat osallistuvat CMS- ja ALICE-koeasemien datan analysoimiseen. Suomen Cern-yhteistyötä koordinoi Fysiikan tutkimuslaitos (HIP), joka on Helsingin yliopiston, Aalto-yliopiston, Jyväskylän yliopiston, Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteinen tutkimuslaitos. CSC toimittaa tutkimuslaitokselle laskenta- ja tallennuspalvelimet, jotka sijaitsevat CSC:n konesalissa. Tallennustilaa on 300 teratavua. Yksi teratavu vastaa datamäärältään jokaisen maailman ihmisen nimi- ja osoitetietoja.



Cern hajauttaa datan ympäri maailmaa



Cernin Datan kulkureitti Suomeen

ALICE-koeaseman kammio kestää vaativan ympäristön, kuten törmäyspisteestä leviävän säteilyn. ALICE-kokeessa (A Large Ion Collider Experiment) törmäytetään vastakkain kaksi lyijy-ydintä lähes valonnopeudella. Törmäyksessä lämpötilan uskotaan nousevan hetkellisesti yli tuhanteen miljardiin asteeseen. Tuloksia voidaan soveltaa aineen syntyhistorian tutkimiseen varhaisessa maailmankaikkeudessa, koska noin kymmenen mikrosekuntia alkuräjähdyksen jälkeen maailmankaikkeus muuttui kvarkki-gluoniplasmasta hadronikaasuksi. Mittausdataa analysoimalla pyritään tutkimaan kvarkki-gluoniplasmaa ja sen ominaisuuksia.



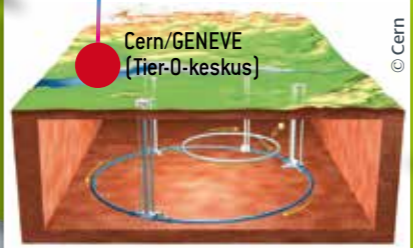
CMS-kokeen (Compact Muon Solenoid) mittausdatan avulla etsitään mm. Higgsin hiukkasta. Suomen suurin yksittäinen panos on CMS-kokeessa, jossa suomalaiset fyysikot ovat työskennelleet jo vuosia ilmaisiprojektin suunnittelussa, rakentamisessa, simuloinnissa ja suorituskyvyn analyysissä. CMS-koeaseman liipaisinjärjestelmän tehtävänä on seuloa fyysikan tutkimukselle mielenkiintoiset törmäystapahtumat valtavan suuresta törmäystapahtumien joukosta. Parhaimmillaan liipaisinjärjestelmä voi seuloa sekunnissa tapahtuvasta jopa 600 miljoonasta törmäystapahtumasta 100 merkittävintä. CMS on maailman tehokkain "digikamera", jossa on 100 miljoonaa ilmaisinkanavaa. Sen pituus on 21 metriä, läpimitta on 15 metriä ja se painaa 12 500 tonnia. CMS-kokeen painosta noin 10 000 tonnia on rautaa, eli sitä on enemmän kuin Eiffelin tornissa.



Tier-2-keskukset Suomessa



Siniset nestemäistä heliumia käyttävät suprajohtavat dipolimagneetit taivuttavat protonien ympyräradan kaareksi. Suprajohtavia magneetteja käytetään myös suuntaamaan protonisuihkut törmäyspisteissä säteiksi, jotka ovat hiusta ohuempia. Magneetit toimivat -271 asteen lämpötilassa. LHC on isoin jäähdityssysteemi, mikä on koskaan rakennettu. Dipolimagneettien magneettikentän voimakkuus on suurimmillaan 8,33 teslaa (yli 100 000 kertaa suurempi kuin Maan magneettikenttä).



LHC-törmäytin tunneli on 27 kilometriä Sveitsin ja Ranskan rajalla. Neljä koeasemaa (ALICE, ATLAS, CMS ja LHCb) sijaitsevat 50–150 metrin syvyydessä. Törmäytin magneettikenttä pitää protonisuihkut radalla. Kussakin koeasemalla olevat jättimäiset magneetit puolestaan taivuttavat varautuneiden hiukasten lentoradan sellaiseen suuntaan, joka mahdollistaa ratojen tarkastelun koeasemien mittauslaitteissa.



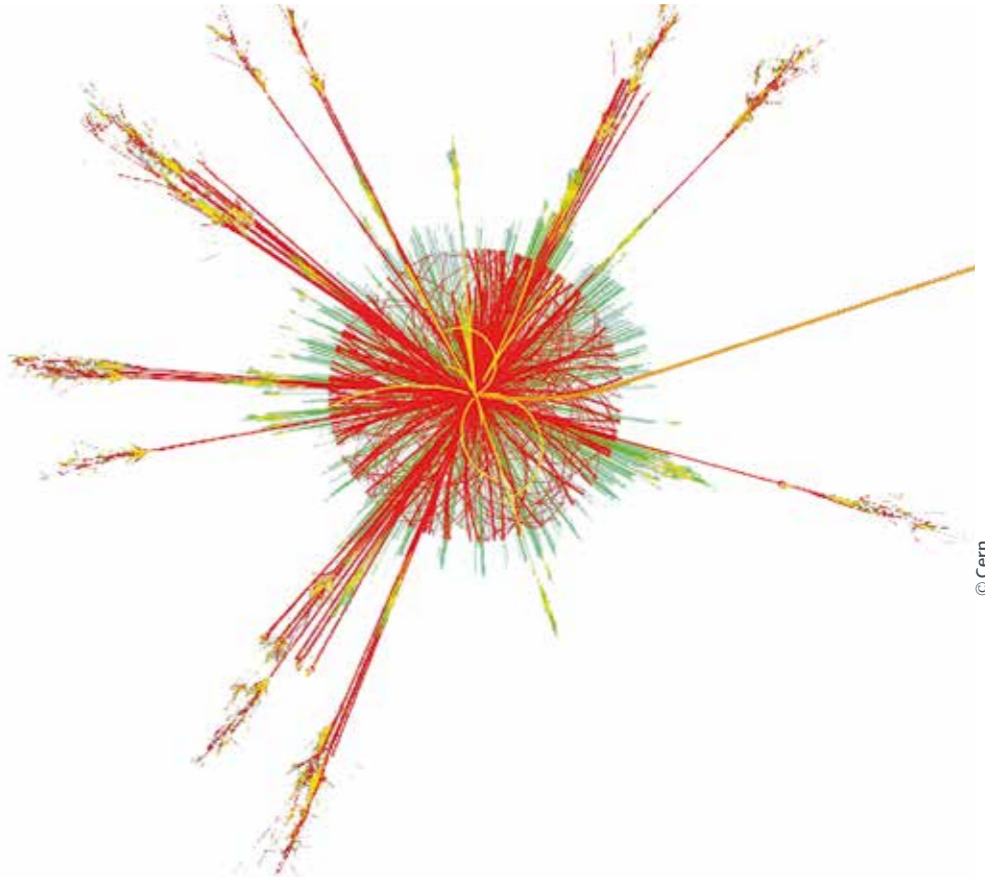
Koeasemat tuottavat vuodessa 15 petatavua dataa, kun LHC:n tavoitetehtö on saavutettu. Se vastaa samaa datamäärää, joka 3,3 miljoonassa tavallisessa DVD-levyssä. Data varastoidaan ensin Cernin laskentakeskukseen (tier-0).

Pelkästään CMS-koe kerää tallennettavaa dataa 100 megatavua joka sekunti. CMS-kokeella etsitään uusia hiukkasia, joista merkittävin on ns. Higgsin hiukkanen. CMS-kokeessa on mukana Fysiikan tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston tutkimusryhmä, jota johtavat professorit **Paula Eerola** ja **Jorma Tuominiemi**.

Jyväskylän yliopiston tutkijat ovat mukana ALICE-kokeessa (A Large Ion Collider Experiment). LHC:n raskasioneihjelmassa törmäytetään vastakkain kaksi lyijy-ydintä lähes valonnopeudella. Törmäyksessä syntyy kuuma ainepisara, jonka lämpötilan uskotaan nousevan hetkellisesti yli tuhanteen miljardiin asteeseen. Näin korkeassa lämpötilassa tapahtuu olomuodon muutos, jossa nukleoneista (protonit ja neutronit) koostuva ydinaine "sulaa" niiden rakenneosista, kvarkeista ja gluoneista, koostuvaksi plasmaksi. Kaiken aineen uskotaan olleen kvarkki-gluoniplasma varhaisessa maailmankaikkeudessa, noin 1–10 mikrosekuntia alkuräjähdyksen jälkeen. Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen ALICE-projektia johtaa erikoistutkija **Jan Rak**.

TIER-1 KESKUKSET

CMS- ja muissa LHC-kokeissa viedään Cernin tietokonekeskuksen nauhoille mitaustulokset niistä törmäyksistä, jotka ovat läpäisseet ns. liipaisujärjestelmän valintaehdot. Kun törmäytin on täydessä tehossaan, sekunnin aikana tapahtuneista 40 miljoonasta protonikumpputörmäyksistä analysoidaan 100 tapahtumaa sekunnissa.



© Cern

Datansiirto edellyttää levy- ja nauha-järjestelmää joka osaa Storage Request Manager (SRM)-protokollaa, toimivaa grid-infrastruktuuria ja siihen liittyviä tietokantoja ja ohjelmistoja. Törmäytimestä syntyvä data hajautetaan nopeiden tietoliikennetyhteyksien avulla analysoitavaksi 34 eri maahan. Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) käsittää lähes 200 laskentakeskusta, jotka on jaettu kokonsa puolesta ns. Tier-1 ja Tier-2 keskuksiin. Cernin oma laskentakeskus muodostaa Tier-0 keskuksen.

Raakadatan toinen kopio siirretään PhEDEx-ohjelmistolla arkistoitavaksi nauhalle Tier-1 keskuksiin, jossa tehdään hiukkasjälkien rekonstruktio parhaan saatavilla olevan kalibraatiodatan avulla. Dataa käsittelee yli 100 000 prosessoriydintä. Tier-1 keskuksia on 11. Aasiasta mukana ovat Taipei, Pohjois-Amerikasta Vancouver, New York ja Chicago. Euroopasta mukana ovat Karlsruhe, Lyon, Bologna, Amsterdam, Lontoo, Barcelona sekä neljän pohjoismaan muodostama NDGF. Pohjoismaiseen liittymään kuuluu myös Suomesta CSC.

TIER-2 KESKUKSET SUOMESSA HELSINGISSÄ JA JYVÄSKYLÄSSÄ

Dataa generoidaan pienempi osajoukko, joka on sitä dataa, jota toimitetaan eteenpäin Tier-2 keskuksiin analysoitavaksi. Analysointityöhön osallistuu 8 000 fyysikkoa. Pohjoismaiden yhteyksissä LHC-laskentaverkkoon hyödynnetään Geant- ja NORDUnet-verkkoja. Suomessa Funet-

verkkoa operoiva CSC rakensi hiukkas-törmäytin tiedonsiirtoa varten erillisen 10 gigabitin (Gbit/s) valopolkuyhteyden Helsingin yliopiston Kumpulian tiedekampukselle. Yhteys kulkee Espoossa sijaitsevan CSC:n kautta. Kyseessä on Suomen tehokkain tutkimuskäyttöön rakennettu tiedonsiirtoyhteys. Osa datasta siirretään Funet-verkossa myös Jyväskylän yliopistolle.

Levytila elää jatkuvasti fysiikan analyysin tarpeiden mukaan, joten vanhaa analyysidataa poistetaan sitä mukaa, kun uusia tarkempia kalibraatioita siitä on saatavilla. Samaa dataa joudutaan rekonstruoimaan ja analysoimaan useampaan kertaan. ■

HAASTATELTAVINA ARTIKKELISSA: Tomas Linden, HIP ja Dan Stii, CSC

INFO LISÄTIETOJA:
<http://public.web.cern.ch/public/>
<http://lcg.web.cern.ch/LCG/>
<http://www.geant.net/>
<http://www.nordu.net/>
<http://www.csc.fi/hallinto/funet>
<http://www.ndgf.org/ndgfweb/home.html>
<http://www.hip.fi/>