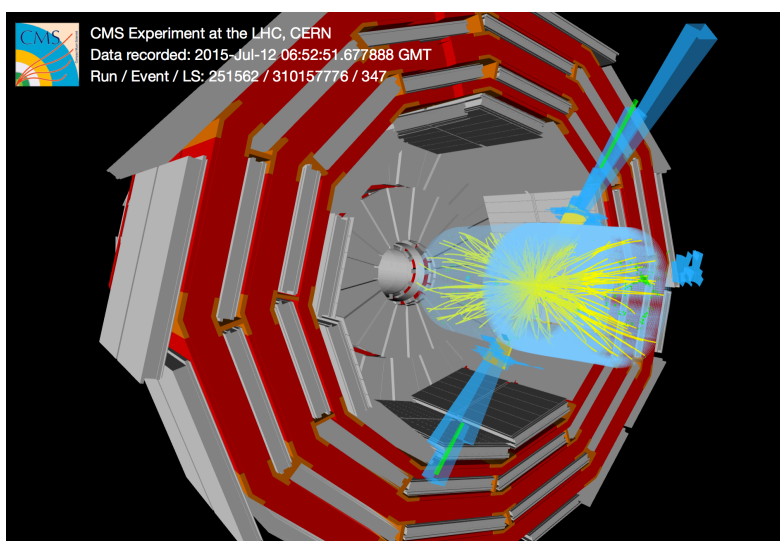


CMS-kokeen ensimmäiset tulokset 13 GeV:llä esillä EPS-HEP 2015 –konferenssissa Wienissä

CMS-kollaboraatio esittelee joukon ensimmäisiä tuloksiaan Euroopan fyysikkoseuran EPS-HEP-2015 –konferenssissa Wienissä, Itävallassa 22-29 heinäkuuta. Tulokset ovat ensimmäisestä kesäkuussa 2015 13 TeV:n törmäysenergialla kerätystä “LHC Run 2” – datasta, sekä lisäksi yli 30 uudesta analyysistä “Run 1” – datasta (7 ja 8 TeV:n törmäysenergioilla vuosilta 2011 ja 2012). Seuraavassa yhteenveto eräistä analyyseistä, jotka esitetään konferenssissa.



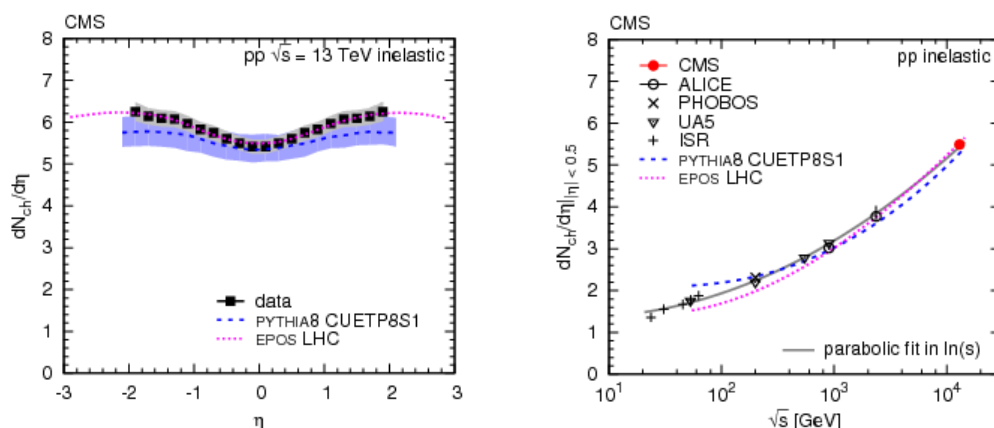
Rekonstruoitu kuva kaksi hadroniryöppyä tuottaneesta 13 TeV:n pp-törmäyksestä CMS-koeasemassa. Hadroniryöppyjen kokonaisenergia on 5 TeV.

1.Sähkövarauksellisten hadronien tuottoreaktiot

CMS:n päätulos on ensimmäinen analyysi 13 TeV:n datasta: Protoni-protoni-törmäyksissä syntyneiden sähkövarauksellisten hadronien lukumäärä ja kulmajakautumat. Tämä on tavallisesti yksi ensimmäisistä mittauksista hadronitörmäyttimillä, kun siirrytään uudelle energia-alueelle. Koska protonit eivät ole alkeishiukkasia – ne koostuvat kvarkeista ja gluoneista – protonien törmätessä niiden sisältämät kvarkit ja gluonit vuorovaikuttavat keskenään. Siten protoni-protoni-törmäyksessä syntyy suuri joukko sähkövarauksellisia hadroneja, kuten π - ja K-mesoneja, jotka sinkoavat eri suuntiin törmäyspisteestä. Näitten hiukkasten lukumäärä riippuu törmäysenergiasta – mitä suurempi energia, sitä suurempi määrä hiukkasia syntyy. Syntyneiden hiukkasten lukumäärä on tärkeää mitata LHC:n uudella törmäysenergialla, jotta protoni-protoni-törmäysten mallintamiseen käytettävät teoreettiset mallit saadaan tarkoiksi. CMS-koeasemassa törmäyspisteestä lähtevien sähkövarauksellisten hiukkasten radat mitataan keskusratailmamisella, sen antama data oli käytössä tässä analyysissä. Mittauksen aikana CMS:n solenoidimagneetti oli pois kytkettynä, jolloin hiukkaset kulkivat suoraa rataa. Mittausdata käsittää satojen tuhansien törmäystapahtumien tiedot. CMS:n tulokset on hyvin sopusoinnussa pienempien energioiden tulosten ekstrapoloinnista tehtyjen

teoreettisten ennusteiden kanssa. Tulokset tekevät mahdolliseksi “taustan” arvioinnin etsittäessä uusia ilmiöitä 13 TeV:llä.

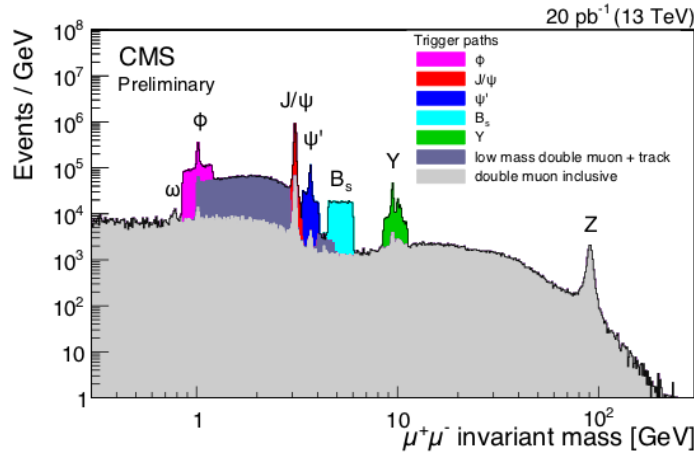
TULOXSISTA TARKEMMIN: CMS on mitannut sähkövarauksellisten hadronien differentiaalisen multiplisiteettijakautuman ($d\sigma/d\eta$) pseudorapiditeetti-alueella $\eta < 2$, kuten kuvassa 1 on esitetty. Keskirapiditeetti-alueella ($\eta < 0.5$) hiukkasmultiplisiteetti on 5.49 ± 0.01 (stat.) ± 0.17 (syst.) per törmäys. Tulokset julkaistiin Phys.Rev. Letters B – lehdessä 21. heinäkuuta, julkaisun esipainos on nähtävissä osoitteessa <https://cds.cern.ch/record/2036310/>



Kuva 1. Mitattu sähkövarauksellisten hadronien lukumäärä pseudorapiditeetin funktiona (vasemmanpuoleinen kuva) sekä multiplisiteetti keskialueessa verrattuna mittaustuloksiin pienemmillä energioilla (oikeanpuoleinen kuva). Käyrät kuvaavat teoreettisia ennusteita.

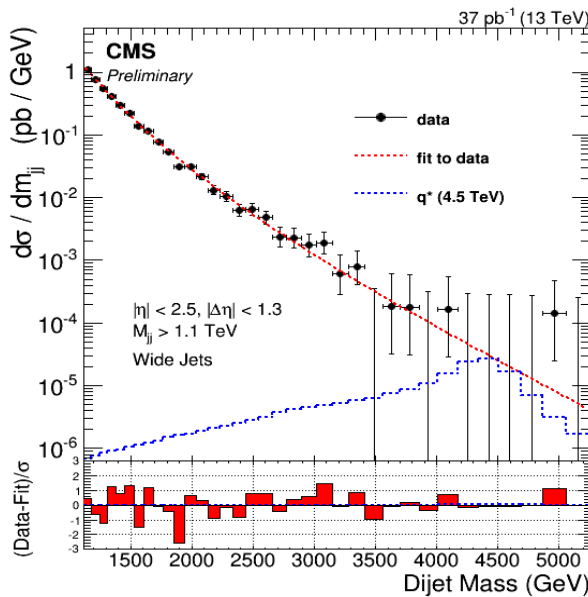
2. Tunnettujen hiukkasten löytäminen ja uusien hiukkasten löytöpotentiaal arviointi

Tärkeänä testinä CMS-koeaseman suorituskyvylle on jo tunnettujen hiukkasten löytäminen. Kuva 2 esittää CMS:n mittaamaa pp-törmäyksissä syntyneiden myoniparien massan jakautumaa. Siinä on selvästi nähtävissä massapiikit, jotka kuuluvat hiukkasille aina kevyestä omega (ω) -mesonista raskaaseen Z-bosoniin. Massaspektrissä näkyvät hiukkaset on löydetty viimeisten vuosikymmenien aikana eri kokeissa, CMS:llä ne löytyivät kaikki muutaman viikon aikana 13 TeV:n pp-törmäyksissä. Yksityiskohtaiset tulokset löytyvät osoitteessa <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/CMSPublic/PublicPlotsEPS2015>.



Kuva 2. Kahden myonin invariantin massan jakautuma mitattuna 13 TeV:llä

Useita törmäysprosesseja 13 TeV:llä kerätystä datasta on jo tutkittu tarkemmin. Yksi mielenkiintoisimmista tuloksista on kahden hadroniryöpyn invariantin massan jakautuma aina 5 TeV:n massoille asti (kuva 3). Tämä tulos osoittaa, että CMS pystyy löytämään uusia ilmiöitä näin suurille energioille asti.



Kuva 3. Kahden hadroniryöpyn systeemin invariantin massan jakautuma 13 TeV:llä. Kuvassa on esitetty myös teoreettinen ennuste hiukkasesta, jonka massa olisi 4.5 TeV.

3. "Run 1" - datan analyysin täydentäminen

Fysiikan analyysiä 7 ja 8 TeV:n energioilla tehdyistä kokeista on jatkettu ja 30 uutta tutkimusta on hyväksytty esitettäväksi EPS-HEP-konferenssissa. Niiden joukossa on fotonien tuotto kahden W:n reaktioissa (FAQ-13-008), hadroniryöppyjen tuottovaikutusalan vertailu 2.76 ja 8 TeV:llä (SMP-14-017), fotonien tuotto hadroniryöppyjen tuottoreaktioissa (SMP-14-021) ja W-bosonien sähköheikko tuotto kahden ryöpyn ohessa (SMP-13-012).

Kaksi vuosikymmentä sitten löydetty top-kvarkki on edelleen tärkeässä osassa tarkkuusmittauksissa ja uusien hiukkasten etsinnässä. Uusia tuloksia CMS:ssä on saatu top-antitop-tuotosta (TOP-14-018) sekä top-antitop + b-antib-tuottoprosesseista leptoni-hadroniryöppy-kanavissa (TOP-13-016). Merkkejä uudesta fysiikasta metsästetään edelleen, mm. etsimällä top-kvarkin hajoamisia c-kvarkkiin ja Higgsin bosoniin, joissa Higgsin bosoni hajoaa edelleen kahdeksi fotoniksi ([TOP-14-019](#)).

Uuden fysiikan metsästyksen kuuluvat myös standardimallin ulkopuolisen Higgsin bosonin sellaisten hajoamisten etsintä, joissa esiintyisi tau-leptoneja (HIG-14-029, HIG-14-033, HIG-14-034). Supersymmetrian tutkimuksissa on etsitty pimeän aineen kandidaatteja ja muita supersymmetriahiukkasia (HIG-14-029, HIG-14-033, HIG-14-034).

Raskasioni-törmäyksiä tutkittaessa on hyödynnetty protoni-protoni-, protoni-lyijy-, ja lyijy-lyijy-törmäyksiä. Niistä esitettävät Run 1-tulokset koskevat ypsilon (Υ) -hiukkasten polarisaatiota sähkövarauksellisten hiukkasten multiplisiteetin funktiona protoni-protoni-törmäyksissä (HIN-15-003), Z-bosonin tuottoa (HIN-15-002), hadroniryöppyjen fragmentaatiofunktioita protoni-lyijy-törmäyksissä, ja ypsilon (Υ) -hiukkasten vuorovaikutuksia ydinaineessa lyijy-lyijy-törmäyksissä (HIN-15-001).

CMS on toinen kahdesta uuden fysiikan etsimiseen rakennetuista "general purpose" -koeasemista LHC-törmäyttimellä. Se on suunniteltu löytämään esitettyjen teorioiden ennustamia uusia hiukkasia ja ilmiöitä protoni-protoni- ja raskasioni-törmäyksissä. CMS-kokeissa haetaan vastauksia kysymykseen: "Mistä maailmankaikkeus koostuu ja mitkä voimat siinä vaikuttavat?" CMS-koeasema mittaa jo tunnettujen ilmiöiden ominaisuuksia aikaisempaa merkittävästi suuremmalla tarkkuudella, ja kykenee toisaalta havaitsemaan uusia, teorioiden ulkopuolella olevia ilmiöitä. LHC-kokeiden tavoitteena on lisätä ja laajentaa ymmärrystämme maailmankaikkeuden rakenteesta ja kehityksestä, mutta myös panna alulle uusia teknologioita, jotka voivat muuttaa maailmaamme kuten fysiikan tutkimuksen historiassa on säännöllisesti tapahtunut.

CMS:n konseptuaalinen suunnitelma luotiin vuonna 1992. Tämän jättimäisen koeaseman (poikkileikkaus 15 m, pituus 29 m ja paino 14 000 tonnia) rakentaminen vei 16 vuotta. Tähän tarvittiin yksi suurimmista kansainvälisistä tieteellisistä yhteistyöryhmittymistä: CMS-kollaboraatioon kuuluu n. 2900 tutkijaa (joista lähes 1000 on tohtoriopiskelijoita) sekä yli 1000 insinööriä ja teknikkoo 186 instituutista ja tutkimuslaboratoriosta 42 maasta eri puolilta maailmaa.

Suomalaiset tutkijat ovat olleet mukana CMS-kokeessa sen suunnittelusta alkaen.