

## Uusimmat tulokset ATLAS-kokeen Higgs hiukkasen etsinnästä

4. kesäkuuta 2012 ATLAS koe esitteli uusimmat tuloksensa Higgs-hiukkasen etsinnästä. Tulokset esiteltiin CERNissä pidetyssä seminaarissa joka välitettiin video-linkin kautta Melbourneen, kansainväliseen hiukkasfyysikoiden konferenssiin (ICHEP), missä yksityiskohtaisempia tuloksia tullaan esittämään myöhemmin tällä viikolla. CERNissä alustavat tulokset esiteltiin paikalla olleille tutkijoille ja web-linkin välityksellä kollegoille sadoissa tutkimuslaitoksissa ympäri maailman.

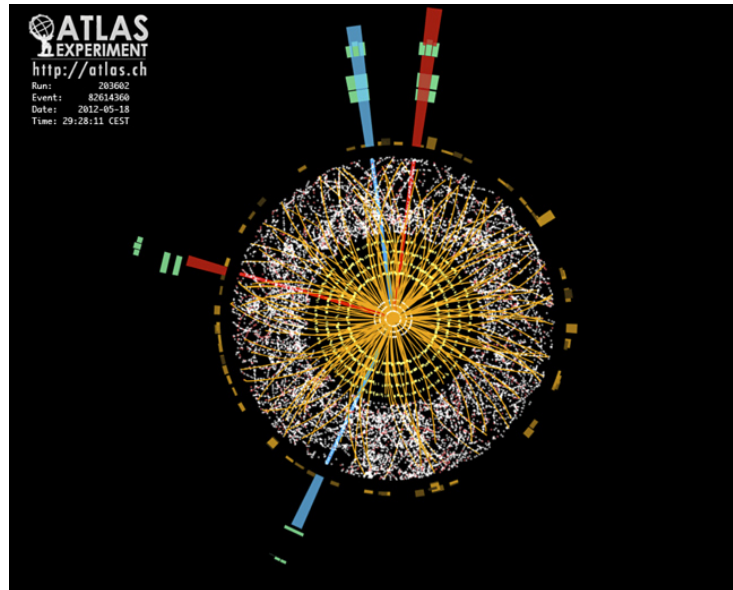
"Higgsin etsintä on edennyt nopeammin kuin olisimme uskoneet mahdolliseksi" sanoi ATLAS kokeen tieteellinen johtaja Fabiola Gianotti. "Näemme mittaustuloksissamme selkeitä merkkejä uudesta hiukkasesta, jonka massa on noin 126 GeV. Ylijäämän merkittävyys on noin 5 sigmaa. Tämä merkittävä tulos on saavutettu LHC kiihdyttimen ja ATLAS-kokeen erinomaisen suorituskyvyn ja luotettavuuden, sekä monien ihmisten työpanoksen ansiosta. Tarvitaan vielä hiukan lisää aikaa tulosten viimeistelyyn, sekä lisää dataa jotta voimme selvittää uuden hiukkasen ominaisuudet"

Higgsin bosoni on erittäin lyhytikäinen hiukkanen, joka hajoaa käytännössä välittömästi muihin hiukkasiin joten kokeellisesti voidaan havaita ainostaan hajoamistuotteet. Standardimallissa, hiukkasfysiikan perusteoriassa, joka erittäin menestyksellisesti ja tarkasti selittää aineen rakenteen, Higgsin hiukkanen voi hajota useisiin eri kanaviin, eli hiukkasyhdistelmiin. Näiden suhteellinen osuus riippuu Higgsin massasta.

ATLAS-koe on keskittänyt analyysinsä kahteen toisiaan täydentävään kanavaan: yhdessä Higgs hajoaa kahteen fotonii ja toisessa neljään leptoniin (elektroni tai myoni). Molemmissa kanavissa massaresoluutio on erinomainen. Kahden fotonin kanavassa signaali on melko pieni ja tausta suuri, mutta tarkoin mitattavissa. Neljän leptonin kanavassa signaali on hyvin pieni, mutta tausta lähes olematon. ATLAS havaitsee molemmissa kanavissa tilastollisesti merkittävän ylijäämän noin 126 GeVn kohdalla. Näiden kahden kanavan tilastollinen yhdistäminen tuottaa ylijäämän, joka on noin 5 sigmaa. Tämä vastaa todennäköisyyttä, että yksi koe kolmesta miljoonasta havaitisi vastaavan ylijäämän vaikka uutta hiukkasta ei olisi.

Uudet tulokset täydentävät aiempia analyysseja, joiden tulokset esiteltiin CERNissä pidetyssä seminaarissa viime joulukuussa ja julkaistiin vuoden alussa. Joulukuun tulokset, jotka perustuivat vuoden 2011 dataan 7 TeV törmäysenergialla, rajasivat Higgsin bosonin mahdollisen massan kahteen kapeaan alueeseen, noin 117 ja 129 GeV ympäristöissä. Sekä ATLAS, että CMS koe raportoivat jo tuolloin pienen tapahtumien ylijäämän 126 GeVn kohdalla, mikä vastaa noin jodiatomin massaa.

Seuraava haaste ATLAS kokeelle, LHC kiihdyttimelle ja hiukkasfyysikoille yleisesti, on mitata uuden hiukkasen ominaisuuksia ja verrata niitä Higgsin bosonin ennustettuihin ominaisuuksiin. Jo nyt joidenkin ominaisuuksien nähdään olevan yhteensopivia ennusteiden kanssa: uusi hiukkanen hajoaa ennustettuihin kanaviin ja sen massa on alueella, joka on yhteensopiva muiden, epäsuorien, mittausten kanssa. Seuraavien viikkojen aikana ATLAS tulee mittaamaan nämä ominaisuudet paremmin ja sen myötä saavutetaan parempi käsitys onko uusi havainto standardimallin mukainen Higgsin bosoni, vain yksi useammasta Higgsin bosonista vai jokin aivan muu hiukkanen.



Kuva 1: Törmäys, jossa mahdollinen Higgs hajooa neljäksi elektroniksi ATLAS kokeessa 2012.

Vuoden 2012 data on kerätty hieman korkeammalla, 8 TeV, protonien törmäysenergialla ja vain kolmessa kuukaudessa on kerätty enemmän dataa kuin koko vuonna 2011. Tämä saavutus on LHC kiihdyttimen erinomaisen suorituskyvyn ja henkilöstön ammattitaidon ansiota. Tämänpäiväisessä seminaarissa esitetty data on kerätty noin miljoonasta miljardista (1 ja 15 nollaa) protonitörmäyksestä.

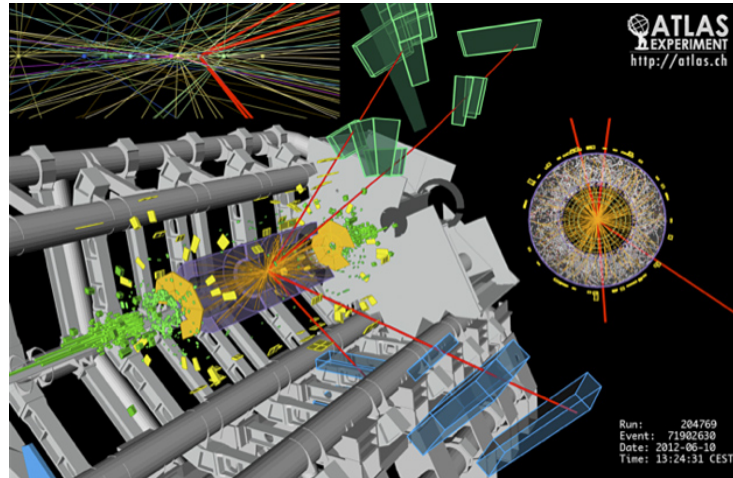
ATLAS kokeen suorituskyky on ollut erinomaisen hyvä. Jopa vuoden 2012 vaikeammissa koeolosuhteissa hyvänlaatuista dataa on kerätty lähes täydellä tehokkuudella. Maailmanlaajuinen LHC Computing Grid, eli LHC laskentaverkko, on ollut avainasemassa kerätyn datan rekonstruoinnissa ja analyysissa.

On odotettavissa, että vuoden loppuun mennessä LHC saa kaksinkertaistetuksi ATLAS kokeelle tuottamiensa törmäysten määrän. Tämän jälkeen kiihdytin asetetaan seisokkiin, jonka aikana suorituskykyä parannetaan. Kun toiminta jälleen alkaa vuoden 2014 lopulla, törmäysenergia tulee olemaan lähes kaksinkertainen nykyiseen verrattuna. Vuoden 2012 aikana kerättävä, sekä uudistetun kiihdyttimen myöhemmin tuottama data tulee mahdollistamaan tänään ilmoitetun löydön auki jättämien Higgsiä koskevien kysymysten selvittämisen. Lisäksi se tulee mahdollistamaan monen muun hiukkasfysiikan peruskysymyksen tarkemman tutkimisen.

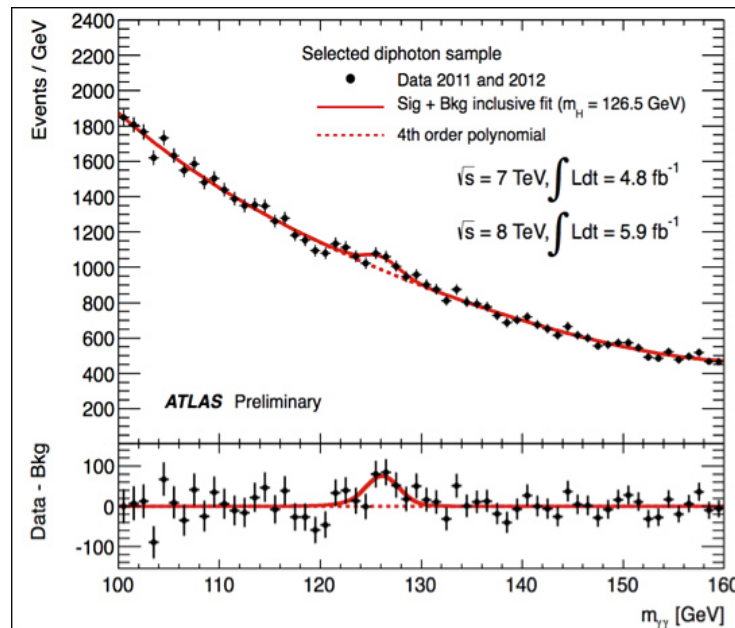
## Lisätietoja ATLAS kokeesta

Tietoja ATLAS kokessta löytyy WWW-sivulta <http://atlas.ch>.

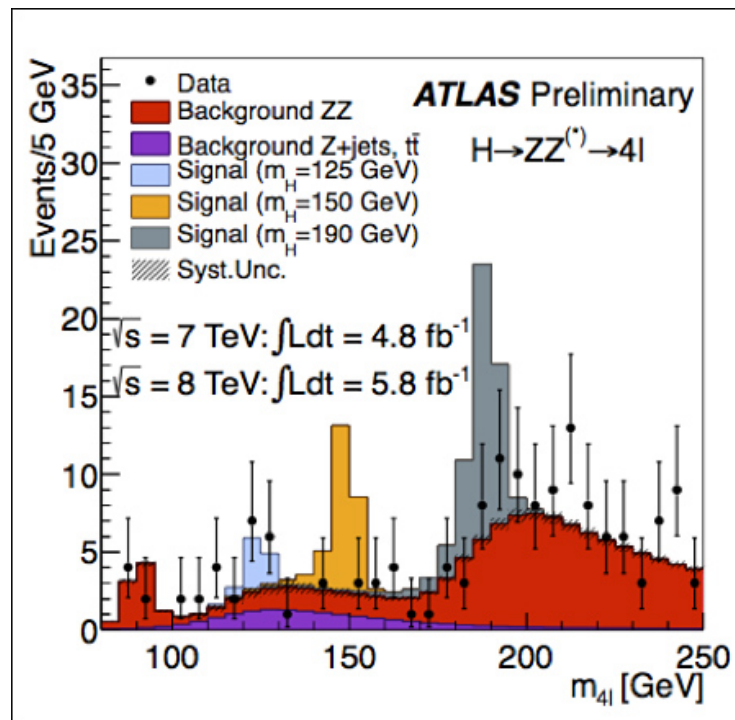
ATLAS on hiukkasfysiikan koelaitteisto CERN LHC protoni-protoni törmäyttimellä. ATLAS-koe etsii uusia ilmiöitä erittäin korkeaenergisissä hiukkastörmäyksissä ja tutkii voimia jotka ovat muovanneet maailmankaikkeuden rakennetta ajan alkuhetkistä alkaen ja jotka tulevat määräämään sen kohtalon. Selvittämättömien kysymysten joukossa on muun muassa massan alkupu-



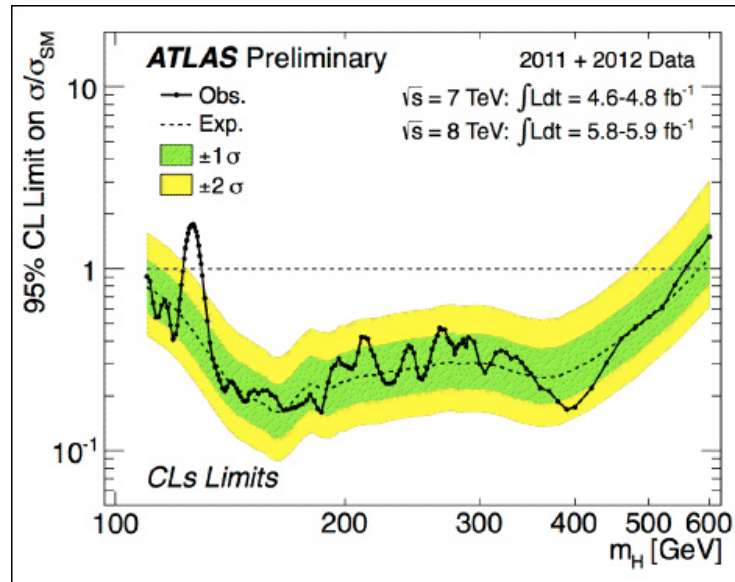
Kuva 2: Törmäys, jossa mahdollinen Higgs hajoaa neljäksi myoniksi ATLAS kokeessa 2012.



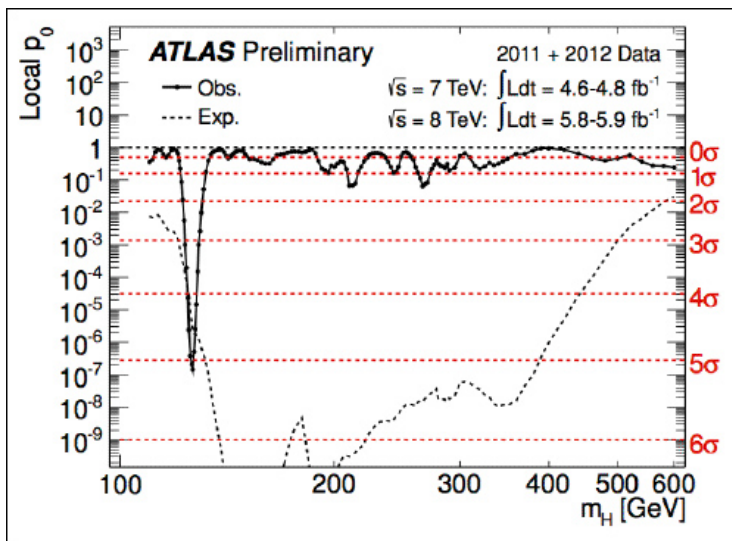
Kuva 3: Massajakauma kahden fotonin hajoamiskanavassa. Vahvin viite uuden hiukksen olemassaololle tulee tapahtumista, joiden lopputilassa on kaksi fonia. Katkoviiva kuvaa tunnetuista prosesseista muodostuvaa taustaa. Yhtenäinen viiva kuvaa tilastollista sovitusta signaaliin ja taustaan. Uusi hiukkanen ilmenee ylijäämänä noin 126.5 GeV kohdalla. Tarkka analyysi osoittaa, että todennäköisyys vastaavan piikin muodostumiselle pelkästä taustasta on kolmen suhde miljoonaan.



Kuva 4: Massajakauma neljän leptonin hajoamiskanavassa. Puhtain signaali saadaan kun Higgs hajoaa kahteen Z-bosoniin, jotka hajoavat elektroni- tai myonipareiksi. Välillä 120-130 GeV nähdään 13 tapahtumaa, kun tausta on vain 5.3 tapahtumaa. Tälläisen ylijäämän todennäköisyys, ellei uutta hiukkasta ole, on noin kolme kymmenestä tuhannesta.



Kuva 5: Kokeelliset rajat standardimallin mukaisen Higgsin tuottamiselle välillä 110-600 GeV. Yhtenäinen viiva kuvaa kokeellista rajaa Higgsin muodostumiselle sen massan ( $m_H$ ) funktiona. Alueella jossa yhtenäinen viiva on alle yhden (vaakasuora katkoviiva) Higgsin olemassaolo on suljettu pois 95% varmuudella. Katkoviiva kuvaa simulointien pohjalta odotettua tulosta jos Higgsin hiukkasta ei olisi. Vihreä ja keltainen alue kuvaavat 68% ja 95% varmuusväliä tälle odotusarvolle. Ainoastaan kapealla välillä 123-130 GeV Higgsiä ei ole suljettu pois 95% varmuudella.



Kuva 6: Todennäköisyys, Higgsin massan funktiona, että taustan fluktuaatio muodostaa signaalin kaltaisen piikin. Lähes koko massa-alueella todennäköisyys (yhtenäinen viiva) on vähintään muutaman prosentin luokkaa. Mutta 126.5 GeV kohdalla todennäköisyys putoaa arvoon  $3 \times 10^{-7}$ , mikä tarkoittaa yhtä kolmesta miljoonasta ja vastaa 5 sigman merkittävyyttä. Tätä pidetään yleisesti rajana uuden hiukkasen löytymiselle. Katkoviiva osoittaa, että 126 GeV standardimallin mukaisen Higgsin pitäisi muodostaa noin 4.6 sigman merkittävyyttä vastaava piikki.

rä, luonnon perusvoimien yhdistäminen ja mahdolliset viitteet pimeään aineeseen tai useampiin ulottuvuuksiin.

Tällä hetkellä ATLAS kollaboraatio koostuu noin 3000 fyysikosta, jotka tulevat 176 tutkimuslaitoksesta 38 eri maasta. Yli 1000 tohtoriopiskelijaa osallistuu ATLAS kokeen käyttöön ja data-analyysiin.