

Search for new Physics with the CMS detector at the LHC

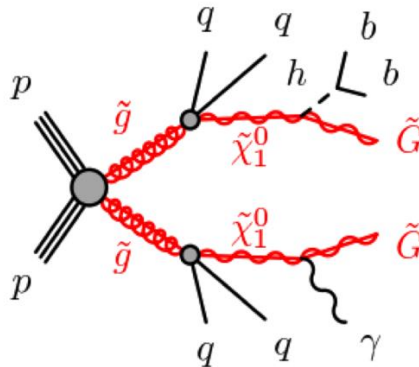
2. féléves beszámoló

Farkas Krisztián (farkask4@gmail.com)
Részecskefizika és csillagászat PhD program
Témavezető: Dr. Pásztor Gabriella

1. Szuperszimmetrikus részecskék keresése

Bekapcsolódtam Dr. Pásztor Gabriella, valamint Bartók Márton és Major Péter doktoranduszok szuperszimmetrikus részecskék utáni kutatásába. A mérést a Minimális Szuperszimmetrikus Standard Modell egy R-paritás őrző variánsa motiválja, ahol a rejtett szektorban végbemenő szuperszimmetria sértést mértékkölcsönhatások közvetítik a látható szektorba (Gauge Mediated Supersymmetry Breaking, GMSB). A modell öt paraméterétől függően különböző végállapotokra számíthatunk az LHC proton-proton ütközései során. Kísérletileg egyszerűsített modelleket érdemes vizsgálni, amik egyetlen SUSY folyamatra koncentrálnak.

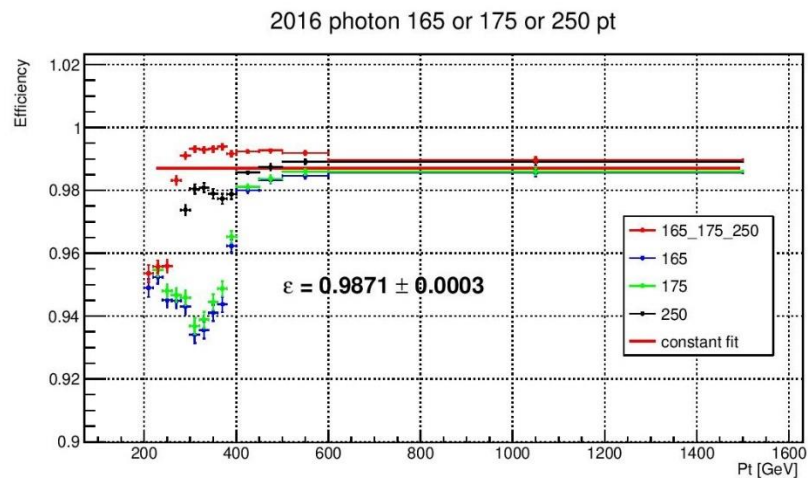
Az általunk használt modellben a SUSY részecskék (gluinók, illetve elektromgyenge gédzsínók) párban keletkeznek, és sorozatos bomlásuk után a legkönnyebb szuperszimmetrikus részecske (LSP) keletkezik, amely egy alacsony tömegű gravitínó. Az egyik megcélzott modell (T5Hg) feltételezi, hogy a második legkönnyebb szuperszimmetrikus részecske (NLSP) a neutralínó, amely fotonra (50%) vagy Higgs-bozonra (50%) és LSP-re bomlik. Ekkor a gluínó párból a végállapotban egy b-jetekre bomló Higgs-bozon, egy izolált foton, nagy hiányzó transzverzális impulzus (p_T^{miss}) és további hadronikus jetek keletkeznek, ahogy az alábbi ábrán látható.



1. ábra A T5Hg egyszerűsített modell Feynman-gráfja.

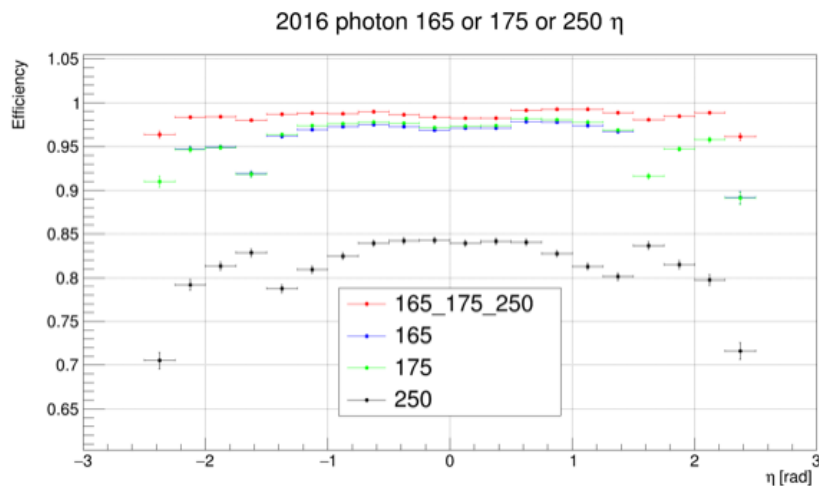
Az előző félévben elkezdett foton-trigger hatásfok mérést befejeztem a CMS detektor által 2016 és 2018 között felvett teljes adathalmazban a foton transzverzális impulzusa (p_T), a pszeudorapiditása illetve a rekonstruált kölcsönhatási vertexek száma függvényében. Az egyes triggerekre minimális foton p_T megkötés van (GeV egységekben mérve), ennek megfelelően beszélhetünk „foton_165”, „foton_200” stb. triggerokról. Ezen feltételek hatása jól látszik, ha a hatásfokot a transzverzális impulzus függvényében ábrázoljuk. A különböző foton triggerok VAGY logikai művelettel történő kombinációja a hatásfok növekedéséhez vezet, mivel az alacsonyabb korlátú triggerok szigorúbb foton azonosítási feltételeket írnak elő. Az alábbi ábra

ezt szemlélteti, illetve tartalmaz egy konstans függvény illesztést is, ami megadja a kombinált trigger átlagos hatásfokát, ami nagyjából 98%-nak adódott.



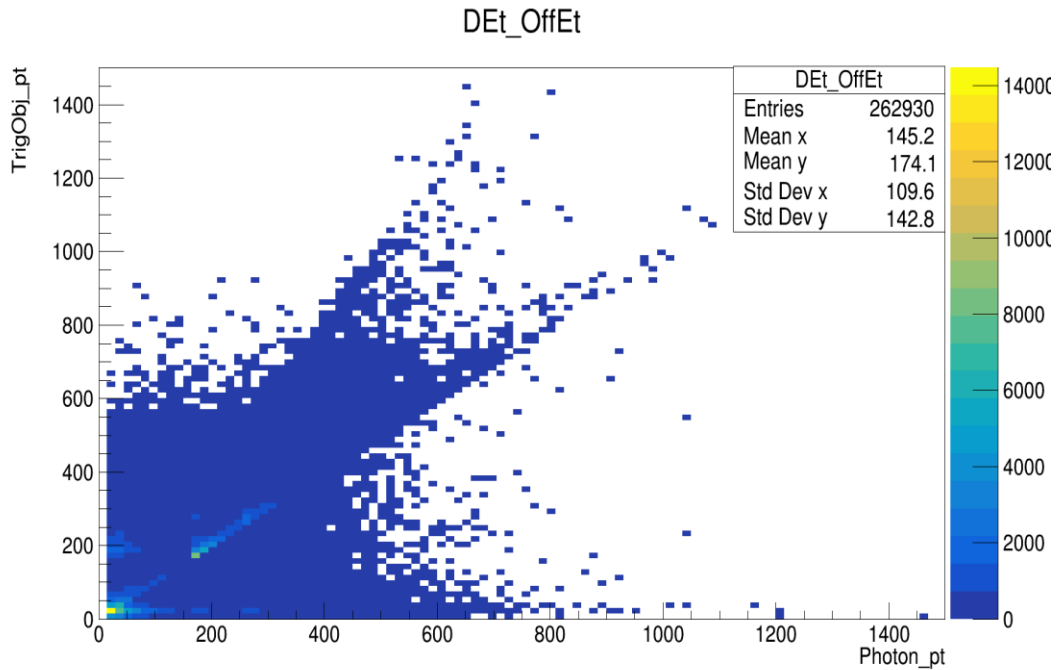
2. ábra Foton 165, 175, 250 triggerek, illetve kombinációjuk hatásfoka a foton p_T függvényében, valamint az utóbbira illesztett konstans.

Ha a hatásfokot a pszeudorapiditás függvényében ábrázoljuk, jól láthatóan csökken a hatásfok nagyjából $|\eta| = 1.5$ -nél, ami megfelel a CMS detektor hordó, illetve sapka régiói közti zónának.



3. ábra Foton 165, 175, 250 triggerek, illetve kombinációjuk hatásfoka a foton pszeudorapiditás függvényében.

A 2016-os adatokat vizsgálva megállapítottam, hogy az offline energia rekonstrukció jelentősen eltér az online (trigger) méréstől, amit az alábbi ábra mutat be. Itt a fotonok, valamint az foton-trigger objektumok transzverzális momentuma van ábrázolva. Ideális esetben a kettő közt lineáris összefüggés van, azaz egy 45° -os egyenest látnánk. Ez az eltérés felelős jelentős mértékben az észlelt hatásfokvesztésért a 2. ábrán a p_T korbát környékén.

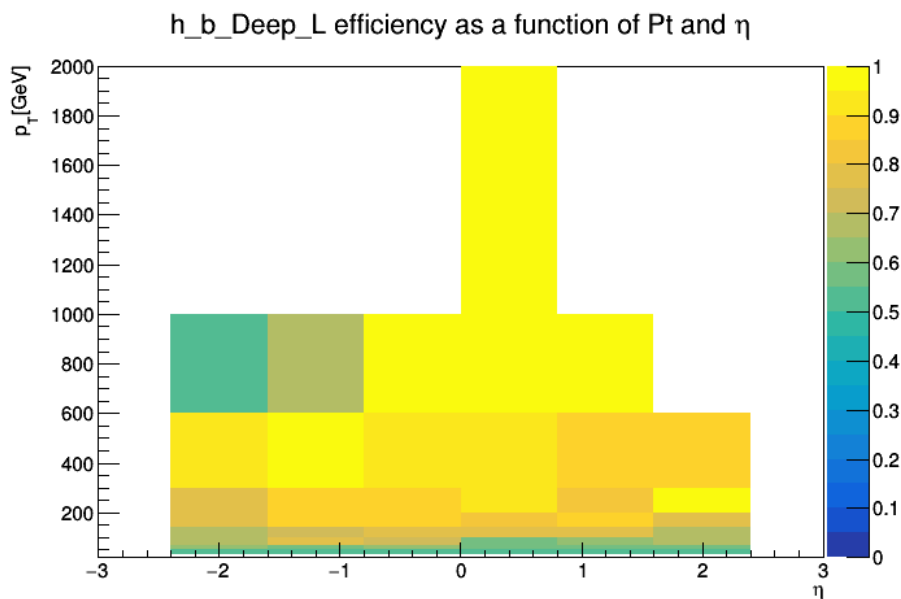


4. ábra Rekonstruált foton, illetve trigger objektumok p_T -je kétdimenzióban ábrázolva.

2. b-jet tagging

Ebben a félévben vizsgáltam továbbá b-jetek azonosításának hatásfokát, mivel ennek minél pontosabb ismerete kiemelten fontos a Higgs-bozont eredményező szuperszimmetrikus folyamatok vizsgálatánál, ahol mind a keresett jel, mind a háttér ($pl. t \rightarrow Wb$), folyamatok B-hadronokat tartalmazó jeketet eredményeznek.

Példaként az alábbi ábrán egy kétdimenziós hisztogramon ábrázoltam a b-jetek azonosítási hatásfokát a pseudorapiditás és a transzverzális momentum függvényében.



5. ábra b-jetek azonosítási hatásfoka a jet pseudorapiditás és a transzverzális momentum függvényében.

3. Foton félreazonosítási ráta

A vizsgált folyamat hatáskeresztmetszetének méréséhez pontosan kell ismerni a kiválasztott eseményekhez hozzájárulást adó háttér nagyságát. Az egyik háttérforrás az $e + b\bar{b} + E_{miss}$ végállapot, ahol az elektront tévesen fotonként rekonstruáljuk. Ezen háttér meghatározása céljából, $Z \rightarrow ee$ eseményeket vizsgálva a CMS adatokban és Monte Carlo szimulációval készített mintában szeretném megmérni az elektronok félreazonosítási rátáját az úgynevezett "tag-and-probe" módszer segítségével. Jelenleg ezen mérés előkészítésén dolgozom.

4. Tanulmányi tevékenység 2019-2020 tavaszi félév

- Standard Modell (6 kredit)
- Haladó térelmélet (6 kredit)
- Irányított kutatómunka – második szemeszter (18 kredit)

5. Konferencia előadások

- SUSY measurements with photons (konferencia poszter) LHCP 2020 Conference, 25-30 May, 2020, held online (originally planned to be in Paris, France)

6. Publikációk

- CMS Collaboration, The Phase-2 Upgrade of the CMS Beam Radiation Instrumentation and Luminosity Detectors: Conceptual Design, CMS-TDR-19-003
- K. Farkas (on behalf of the CMS Collaboration), SUSY measurements with photons, in preparation, to appear in the Proceedings of LHCP 2020 Conference.