



Risultati di ATLAS e CMS sulle Analisi

Mono-Higgs

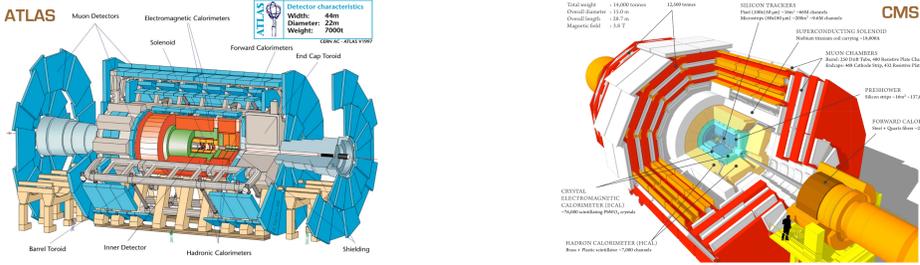
G. Miniello^{1,2}

¹Università degli Studi di Bari - Italy, ²INFN Sezione di Bari - Italy



Contatto: Giorgia Miniello - giorgia.miniello@ba.infn.it

Gli Esperimenti ATLAS e CMS



	ATLAS	CMS
Campo Magnetico	Solenoido 2T + toroide: 0.5 T (barrel), 1 T (endcap)	Solenoido 3.8 T + return yoke
Tracker	Rivelatore a pixel e strip al Silicio + tracciatore a radiazione di transizione $\sigma/p_T \approx 5 \cdot 10^{-4} p_T + 0.01$	Rivelatore a pixel e strip al Silicio $\sigma/p_T \approx 5 \cdot 10^{-4} p_T + 0.005$
ECAL	Argon liquido + assorbitori Pb $\sigma/E \approx 1.0\%/\sqrt{E} + 0.007$	Cristalli di PbWO ₄ $\sigma/E \approx 3\%/\sqrt{E} + 0.003$
HCAL	Fe + scintillatore $\sigma/E \approx 5.0\%/\sqrt{E} + 0.03$ GeV	Ottone + scintillatore (7 λ + catcher) $\sigma/E \approx 10.0\%/\sqrt{E} + 0.05$ GeV
Muoni	Inner Tracker + camera a muoni $\sigma/p_T \approx 2\% @ 50$ GeV to 10% @ 1 TeV	Inner Tracker + camera a muoni $\sigma/p_T \approx 2\% @ 50$ GeV to 10% @ 1 TeV
Trigger	L1 +HLT (L2 + EF)	L1 +HLT (L2 + L3)

L'Analisi Mono-Higgs

PRINCIPI

- Candidati di Dark Matter (DM) proposti in Modelli di Nuova Fisica (Beyond Standard Model-BSM) su scala energetica di rottura della simmetria elettrodebole
- Bosone di Higgs usato come *tag* per cercare candidati di Dark Matter (coppie $\chi\bar{\chi}$)
- Produzione di DM diretta nei collider: stato finale caratterizzato da Energia Mancante Trasversa (E_T^{miss} o MET) + Higgs (H)
- VANTAGGIO: a differenza di altri canali Mono-X (e.g. Mono-jet) nel Mono-Higgs la sensitività a DM non è dominata dalla radiazione nello stato iniziale (soppressione dell'ISR)

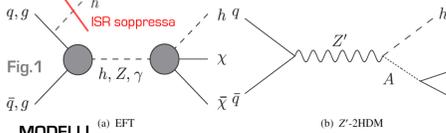


Fig.1: Diagrammi di Feynman per la produzione Mono-Higgs per i modelli EFT (a) e per lo Z'-2HDM nelle collisioni protone-protone, mediante bosoni elettrodeboli (h, Z, γ) o nuovi mediatori (Z'). Il cerchio grigio a destra in Fig.1(a) indica l'effettiva interazione tra Dark Matter, l'Higgs e altri stati. In Fig.1(b) A è il mediatore pesante pseudoscalare nel modello Z'-2HDM

MODELLI

- Approccio Model Independent - Effective Field Theory (EFT):**
 - Operatori non rinormalizzabili che generano $X+E_T^{\text{miss}}$ senza specificare la underlying UV physics
 - Operatori $\propto 1/\Lambda$, con Λ scala di massa effettiva delle particelle UV
 - Limite di applicabilità a energie del partone confrontabili con Λ (metodo della *truncation* per stimare impatto parametri UV non noti)
- Approccio Model Dependent - Modelli semplificati:**
 - Particelle UV parametri liberi della teoria
 - Particelle massive (vettori, scalari, pseudoscalari) provenienti dalla Nuova Fisica BSM che mediano l'interazione DM - H (e.g. Z'-2HDM)

Le Strategie di Analisi

Mono-Higgs: $H \rightarrow \gamma\gamma + \text{MET}$

Stato finale: $H \rightarrow \gamma\gamma + \text{MET}$

Selezione ottenuta ottimizzando i Limiti Superiori al 95% CL su H + MET per i modelli utilizzati

- $105 < m_{\gamma\gamma} < 160$ GeV
- Leading (subleading) $p_{T,Y} < 0.35(0.25) m_{\gamma\gamma}$
- $E_T^{\text{miss}} > 90$ GeV
- $p_{T,Y} > 90$ GeV (per reiezione del fondo)

Fondo:

- ZH con $Z \rightarrow \nu\bar{\nu}$ e WH, con $W \rightarrow l\nu$
- Produzione di di-fotone non risonante ($\gamma\gamma, W\gamma\gamma, Z\gamma\gamma$)
- W γ e Z γ ove un elettrone è ricostruito erroneamente come γ
- Produzione fotone+jet in cui un jet è ricostruito erroneamente come γ

Mono-Higgs: $H \rightarrow b\bar{b} + \text{MET}$

Stato finale: $H \rightarrow b\bar{b} + \text{MET}$

Due tecniche di ricostruzione dell'Higgs complementari in accettazione:

- RESOLVED:** H ricostruito a partire da coppie di jet anti- k_T vicini, ricostruiti con $R=0.4$ e identificati tramite adrone b nel jet usando algoritmo b-tagging multivariato (buona efficienza per $150 < p_{T,H} < 450$ GeV)
- BOOSTED:** sovrapposizione significativa tra jet contenenti b e \bar{b} per $p_{T,H} > 450$ GeV (inefficienza di ricostruzione dei jet anti- k_T b-tagati con $R=0.4$)
 - H ricostruito come un singolo jet anti- k_T con $R=1.0$ *trimmed* con $R_{\text{sub}}=0.3$ e $p_{T,H}/p_{T,\text{jet}} < 0.05$ ($p_{T,H}$ momento trasverso dell'iesimo subjet)
- L'analisi prevede una preselezione comune alle due tecniche. I principali tagli relativi alle singole tecniche sono listati in Tab.1

Fondo:

- Irriducibile: Z+jets, con $Z \rightarrow \nu\bar{\nu}$ (dai dati)
- Multijet (dai dati)
- W($\rightarrow l\nu$)+jets e produzione di quark top (dal MC)
- Z($\rightarrow ll$)+jets, produzione di dibosone e produzione associata a bosoni vettori con l'Higgs del Modello Standard (dal MC)

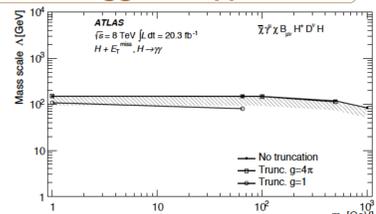
ATLAS

	Resolved	Boosted
$\Delta\phi_{\text{min}}(E_T^{\text{miss}}, j_i)$	> 1.0	> 1.0
Jet multiplicity	$2 \leq n_j \leq 3$	$n_j \geq 1$ $n_{\text{btag}} \geq 2$
b-jet (60% eff.) p_T	$p_T^{\text{b1}} > 100$ GeV	-
b-jet multiplicity	$n_b \geq 2$ (60% eff.)	$n_{\text{btag}} = 2$ (70% eff.)
Jet p_T	$p_T^{\text{b2}} > 60$ GeV when $n_j = 3$ $p_T^{\text{b1}} > 100$ GeV when $n_j = 3$	$p_T^{\text{b1}} > 350$ GeV
$\Delta\phi(E_T^{\text{miss}}, \vec{p}_T^{\text{miss}})$	-	$< \pi/2$
Dijet separation	$\Delta R(j_1, j_2) < 1.5$	-
Invariant mass	$90 \text{ GeV} \leq m_{b_1 b_2} \leq 150 \text{ GeV}$	$90 \text{ GeV} \leq m_{j_1} \leq 150 \text{ GeV}$
E_T^{miss}	$> 150, 200, 300, \text{ or } 400 \text{ GeV}$	$> 300 \text{ or } 400 \text{ GeV}$

Tab.1

Risultati ATLAS

Mono-Higgs: $H \rightarrow \gamma\gamma + \text{MET}$



PhysRevLett.115.131801

Luminosità integrata: $\mathcal{L} = 20.3 \text{ fb}^{-1}$
Energia del centro di massa: $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$

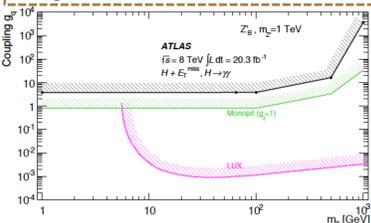
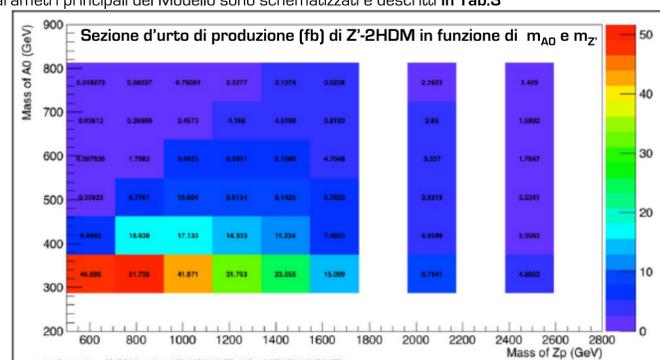


Fig.3: Limiti sui parametri di accoppiamento per modelli semplificati con un mediatore pesante di massa 1 TeV. Sono indicate le regioni escluse per ragioni perturbative: **Contorni rossi:** risultati di esclusione della ricerca di DM ai collider per i decadimenti invisibili dell'Higgs; **Contorni verdi:** risultati di esclusione della ricerca di DM ai collider per Monojet; **Contorni rosa:** risultati di esclusione della LUX Collaboration

Lo Stato dell'Analisi Mono-Higgs per CMS

- Le analisi Mono-Higgs con $H \rightarrow b\bar{b}$ e $H \rightarrow \gamma\gamma$ per CMS con i dati raccolti durante il RUN II alla luminosità integrata $\mathcal{L} = 2.2 \text{ fb}^{-1}$ e energia del centro di massa $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ sono attualmente in fase di approvazione
- Per entrambe le analisi il modello utilizzato è il modello Z'-2HDM:
 - Lo stato risonante Z' *on-shell* decade nello pseudoscalare $A_0 + H$
 - A_0 decade invisibilmente nella coppia $\chi\bar{\chi}$
 - Sezione d'urto di produzione massimizzata per $A_0 = 300 \text{ GeV}$, Tab.2
 - Alti valori della E_T^{miss} a livello di generatore, Fig.6
- I parametri principali del Modello sono schematizzati e descritti in Tab.3



Tab.2: Implementazione del Modello da JHEP06(2014)078

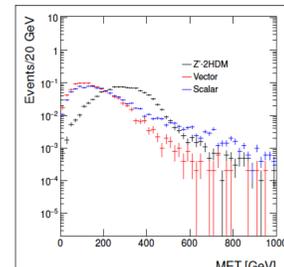


Fig.6

Parametro	Descrizione	Valore
m_{A_0}	Massa dell'Higgs pseudoscalare A_0 che decade in due candidati di DM	300 GeV
g_Z	Costante d'accoppiamento tra A_0 e DM	0.8
m_χ	Massa del candidato DM	100 GeV
$m_{Z'}$	Massa di Z'	600-2500 GeV
$\tan\beta$	Rapporto tra i valori di aspettazione del vuoto per i due doppietti di Higgs previsti da Z'-2HDM	1

Tab.3

Mono-Higgs: $H \rightarrow b\bar{b} + \text{MET}$

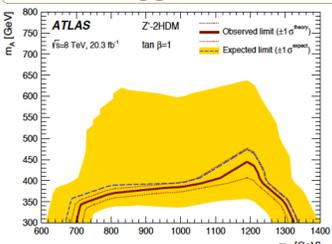


Fig.4

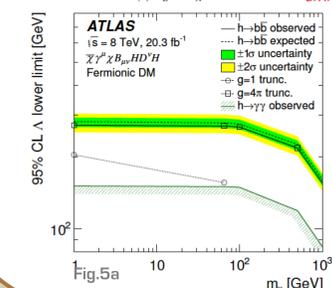


Fig.5a

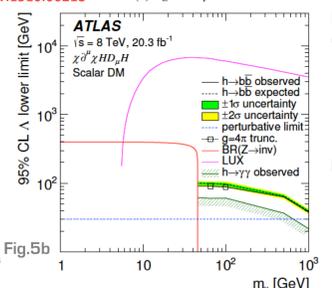


Fig.5b

Fig.4: Contorno di esclusione per il modello Z'-2HDM nel piano $m_{Zp} - m_{A_0}$ per $\tan\beta = 1$ (a) e nel piano $m_{Zp} - \tan\beta$ per $m_{A_0} = 300 \text{ GeV}$: **Linea tratteggiata blu:** limite d'esclusione atteso; **Le bande gialle** indicano l'incertezza entro $\pm 1\sigma$; **Linea rossa continua:** limite osservato; **Le linee rosse tratteggiate** mostrano le variazioni del limite osservato dovute a variazioni entro $\pm 1\sigma$ nella sezione d'urto teorica del segnale; **Spazio dei parametri** al di sotto dei contorni escluso al 95% C.L.

Fig.5a-b: Limiti al 95% CL su Λ in funzione della massa della DM per gli operatori EFT indicati nelle figure:

- Linee nere continue:** relative a $H(\rightarrow b\bar{b}) + E_T^{\text{miss}}$ (anche con truncation)
 - Regioni al di sotto delle linee sono escluse
- Linea verde continua** con barre diagonali indica regioni escluse dalle ricerche $H(\rightarrow \gamma\gamma) + E_T^{\text{miss}}$ ai collider
- In Fig.5b:
 - la regione al di sotto della **linea blu tratteggiata** non soddisfa la richiesta perturbativa
 - Linea rossa:** regioni escluse dai limiti superiori della frazione di decadimento invisibile del bosone Z
 - Linea magenta:** regioni escluse da LUX Collaboration

Riferimenti

- ATLAS Collaboration: "Search for dark matter produced in association with a Higgs boson decaying to two bottom quarks in pp collisions at $\sqrt{s}=8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector", arXiv:1510.06218
- ATLAS Collaboration: "Search for Dark Matter in Events with Missing Transverse Momentum and a Higgs Boson Decaying to Two Photons in pp Collisions at $\sqrt{s}=8 \text{ TeV}$ with the ATLAS Detector", 10.1103/PhysRevLett.115.131801
- Abercrombie et al.: "Dark Matter Benchmark Models for Early LHC Run-2 Searches: Report of the ATLAS/CMS Dark Matter Forum", arXiv:1507.00966v1
- Carpenter et al.: "Mono-Higgs: a new collider probe of dark matter", 10.1103/PhysRevD.89.075017
- Berlin, Lin Wang: "Mono-Higgs detection of dark matter at the LHC", JHEP06(2014)078