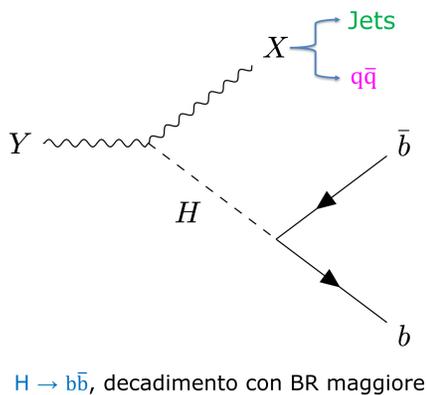


# Ricerca di anomalie per lo studio di nuove risonanze che decadono in un bosone di Higgs ed un nuovo generico bosone X in stati finali completamente adronici in collisioni p-p a 13 TeV con l'esperimento ATLAS

Antonio D'Avanzo, Università e INFN Sezione di Napoli

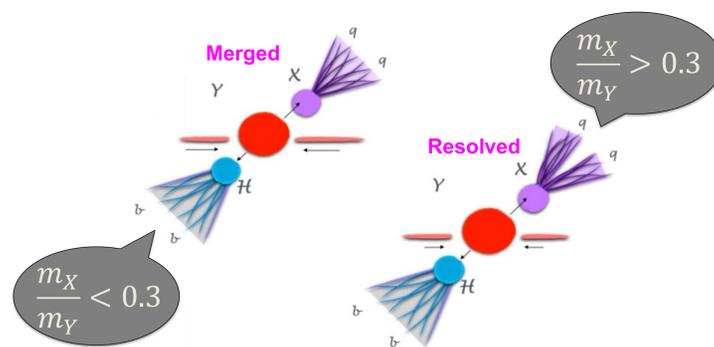
**Motivazione:** Questa ricerca è motivata dal forte accoppiamento del bosone di Higgs a nuove particelle massive "X" e "Y", ipotizzate a causa delle correzioni radiative a cui è sensibile la massa del bosone di Higgs. È stata condotta analizzando l'intero dataset raccolto da ATLAS durante il run-II (2015-2018) di LHC, pari a 139 fb<sup>-1</sup>.

## Processo in esame



## 2. Cinematica dell'evento

Esplorati alti valori di massa Y (1.5 – 6 TeV), massa X tra 50 e 3000 GeV.



Il bosone di Higgs è sempre ricostruito come jet a largo raggio per boost di Lorentz elevato, mentre per la X il regime dipende dal rapporto  $m_X/m_Y$ .

## 1. Due approcci per la ricerca del nuovo bosone Y

### Tagging dell'X con approccio di Anomaly Detection

- Indipendente da modelli teorici per il segnale.
- Unica ipotesi è che l'X decada adronicamente.
- Approccio innovativo per ATLAS!

### Ipotesi di segnale Heavy Vector Triplet (HVT) [1]

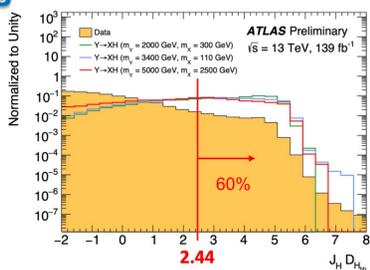
- Assunzione  $X \rightarrow q\bar{q}$ , decadimento 2-prong.
- Limiti alla sezione d'urto  $\sigma(Y \rightarrow XH \rightarrow q\bar{q}b\bar{b})$ .
- Selezione tramite lo studio della struttura dei jet, dipendente dal regime cinematico considerato.

## 3. Selezione degli eventi

Parametro	Tagli di preselezione
$m_{JJ}$ [GeV]	> 1300
$p_T(J_1)$ [GeV]	> 500
$m_j$ [GeV]	$m_{j_1} > 50 \parallel m_{j_2} > 50$
$D_{Hbb}$	> -2

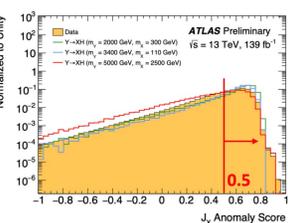
### Higgs b-tagging

- Candidati H e X scelti tra i due jet con il momento trasverso più elevato.
- b-tagging per la regione di segnale fatto tramite variabile  $D_{Hbb}$ , output di un **classificatore a rete neurale** [2].
- Candidato Higgs scelto come il jet con  $D_{Hbb}$  più elevato.

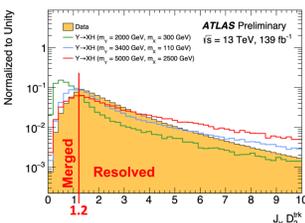


### X tagging

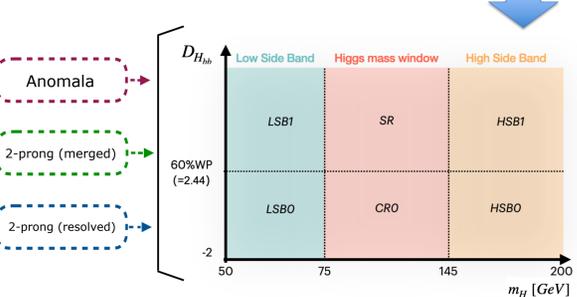
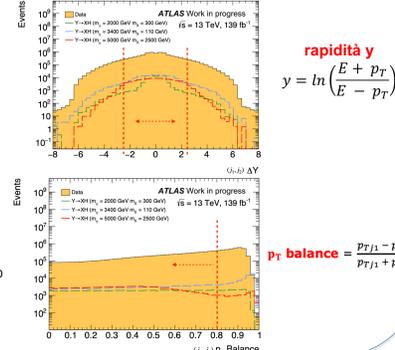
- **Regione anomala**  
Taglio su Anomaly Score (AS) > 0.5 dei candidati X, output di una **rete neurale ricorrente variazionale (VRNN)** allenata sui jet nei dati.



- **Regione merged**  
Taglio su discriminante  $D2_{trk} < 1.2$  sensibile alla sottostruttura dei candidati X [3].



- **Regione resolved**  
Taglio ortogonale rispetto alla regione merged  $D2_{trk} > 1.2$ , unito a due tagli su  $pT$  balance < 0.8 e  $|\Delta y| < 2.5$  dei due small jets associati alla X.



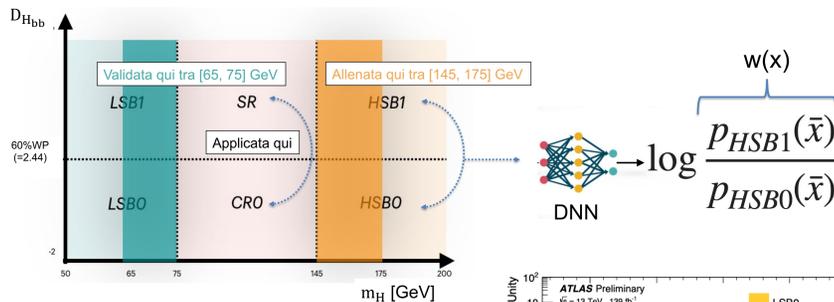
	Regioni di Segnale (SR)		
	Merged	Resolved	Anomala
$m_H$ [GeV]		(75, 145)	
$D_{Hbb}$		> 2.44	
$D2_{trk}^{SR}$	< 1.2	> 1.2	-
$ \Delta y_{j_1, j_2} $	-	< 2.5	-
$p_T^{bal}$	-	< 0.8	-
Anomaly Score	-	-	> 0.5
Regioni di controllo (CR) per la stima del fondo			
	CR0	HSB0	HSB1
$m_H$ [GeV]	(75, 145)	(145, 200)	(65, 75)
$D_{Hbb}$	< 2.44	< 2.44	> 2.44

➤ Ciascuna tipologia di tagging dell'X definisce 3 regioni ortogonali a partire da ognuna delle 6 sopra definite, quindi in totale abbiamo 18 regioni (segnale + controllo).

## 4. Stima del fondo

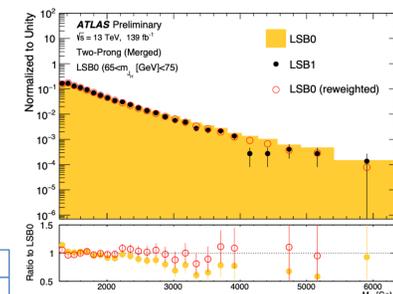
Fondo principale rappresentato da eventi di QCD, stima del fondo utilizzando solamente i dati a disposizione (Data Driven).

Utilizzata una tecnica di **machine learning** per la stima del fondo nella regione di segnale dai dati, tramite ripesaggio degli eventi con una funzione  $w(x)$  da una regione di controllo (problema di **stima diretta di importanza** [4]).



- Validazione effettuata prima di applicare qualsiasi taglio sul candidato X.
- Fattore di normalizzazione del fondo lasciato come parametro libero nel fit finale.

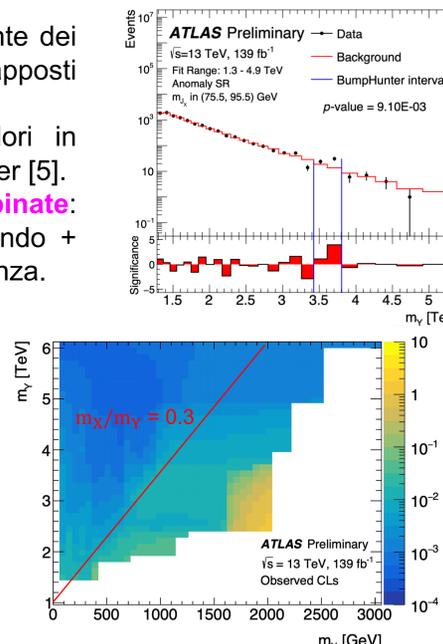
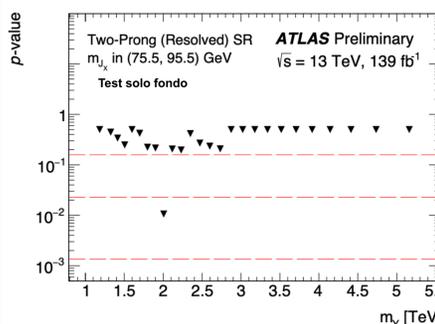
prima del ripesaggio  
dopo il ripesaggio



## 5. Risultati

Fit finale eseguito sulla massa invariante dei due jet H e X, ripetuto in intervalli sovrapposti di  $m_X$ .

- **Regione anomala:** calcolo p-valori in ipotesi di solo fondo con BumpHunter [5].
- **Regioni merged e resolved combinate:** fit in ipotesi di solo fondo e di fondo + segnale sul rapporto di verosimiglianza.



**Non sono osservate significative deviazioni dal fondo atteso del Modello Standard, massima deviazione pari a 1.47σ di significatività globale nella regione anomala [6].**

## Bibliografia

- [1] D. Pappadopulo, A. Thamm, R. Torre, and A. Wulzer, Heavy vector triplets: bridging theory and data, JHEP 09 (2014) 060
- [2] ATLAS Collaboration, Identification of Boosted Higgs Bosons Decaying Into  $b\bar{b}$  With Neural Networks and Variable Radius Subjects in ATLAS, tech. rep., ATL-PHYS-PUB-2020-019
- [3] A. J. Larkoski, G. P. Salam, and J. Thaler, Energy correlation functions for jet substructure, JHEP 06 (2013) 108
- [4] T. Kanamori, S. Hido, and M. Sugiyama, A least-squares approach to direct importance estimation, The Journal of Machine Learning Research 10 (2009) 1391
- [5] G. Choudalakis, On hypothesis testing, trials factor, hypertexts and the BumpHunter, arXiv:1101.0390

