



CMS

Luigi Guiducci - per il gruppo CMS Bologna

Assemblea di Sezione - Bologna, 20 Febbraio 2020



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Bologna



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Il gruppo CMS Bologna da almeno 10 anni risulta sempre fra i primi tre gruppi italiani di CMS in termini di partecipanti e in termini di numero di responsabilità ufficiali.

Il gruppo è coinvolto in molte attività:

Attività legate al rivelatore

- Drift Tubes: operations, technical coordination
- Rivelatori GEM per Fase2

Attività offline & software

- Analisi e monitoring delle prestazioni del rivelatore DT
- Ricostruzione offline di CMS
- Ricostruzione dei muoni

Computing

- Attività in CMS, WLCG e locali
- Machine Learning/Deep Learning
- Sinergie in sezione

Upgrade di “Fase 2” (per HL-LHC)

- Detector
- Offline
- Computing

Analisi

- MSSM $H \rightarrow 2\mu$
- SM $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$
- ttH boosted-fully-hadronic
- double Higgs production
- produzione di $Y(nS)$ in funzione della molteplicità



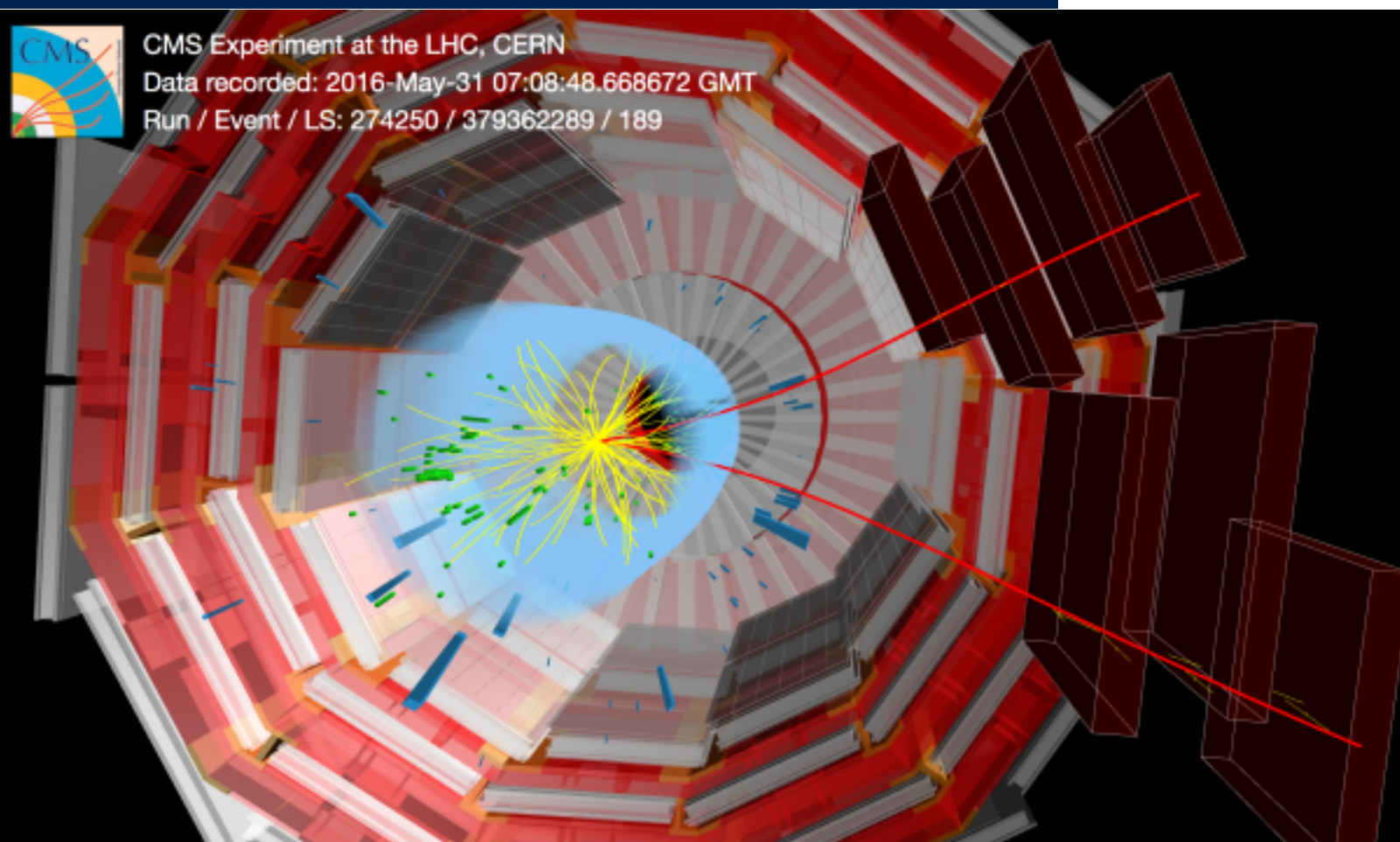
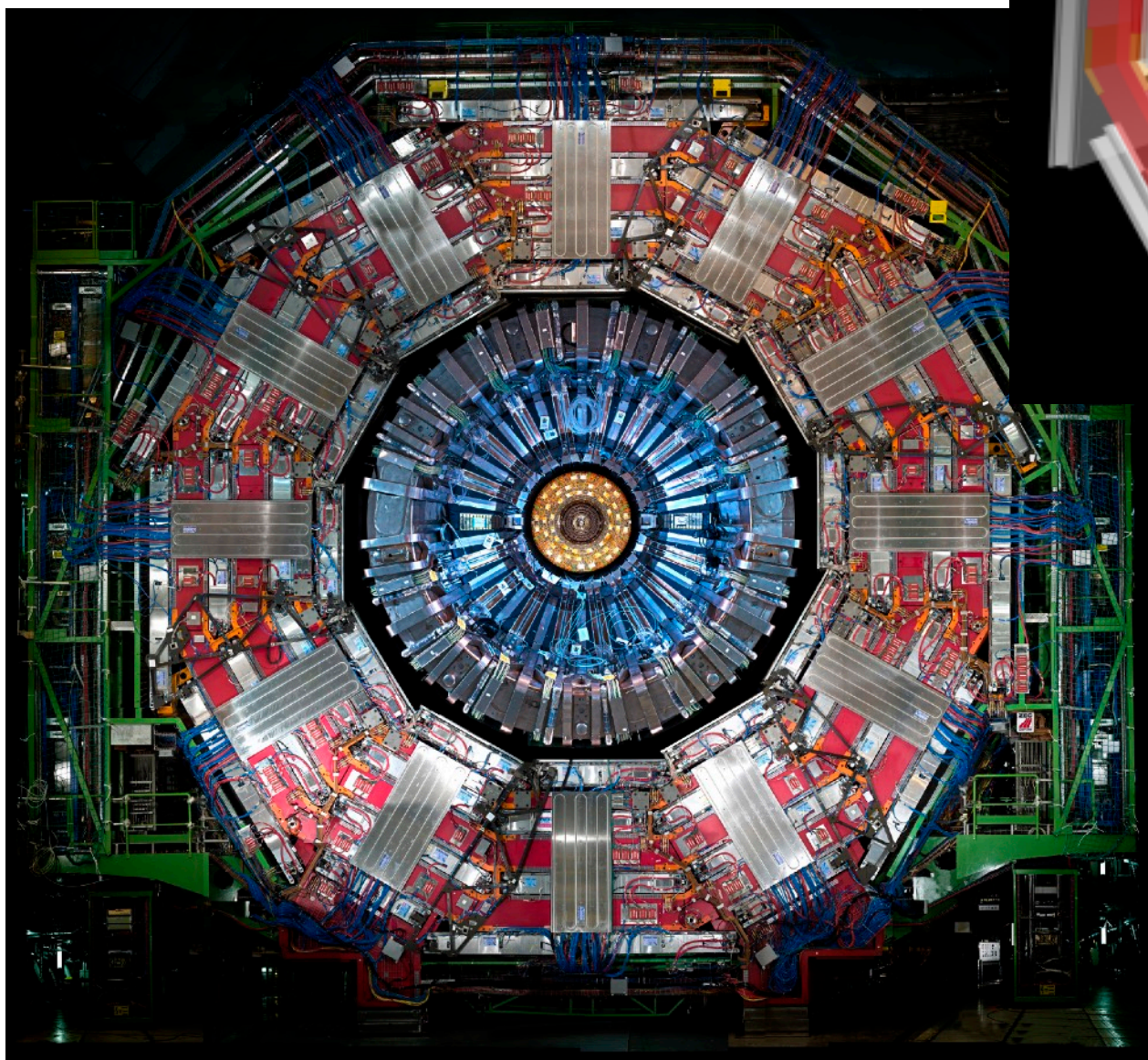
Responsabilità di CMS-BO nella collaborazione



Gianni Masetti	DT Run Coordinator
Gianni Masetti	DT Deputy Project Manager
Daniele Fasanella (CERN)	DT Technical Coordinator
Lisa Borgonovi	DT Deputy Technical Coordinator
Francesca Cavallo	DT DPG Coordinator
Carlo Battilana	DT DPG Deputy Coordinator
Luigi Guiducci	DT Trigger Coordinator
Stefano Marcellini	DT Trigger Performance
Marco Dallavalle	DT Phase2 Minicrate Mechanics
Luigi Guiducci	DT Phase2 Trigger Studies
Paolo Giacomelli	GEM IB Chair
Francesca Cavallo	GEM Upgrade Physics Coordinator
Paolo Giacomelli	Co-chair CMS Awards Committee
Paolo Giacomelli	Higgs Publication Committee
Andrea Castro	Co-chair Top/B Physics Publication Committee
Marco Dallavalle	SMP Publication Committee
Andrea Perrotta	Offline Reconstruction Convener
Gian Piero Siroli	CMS Computer Security Officer
Daniele Bonacorsi	Computing Resource Board Chair
Carlo Battilana	Muon DPG Office Chair
Federica Primavera	Muon Reconstruction
Alessandra Fanfani	Muon MC Generator Contact

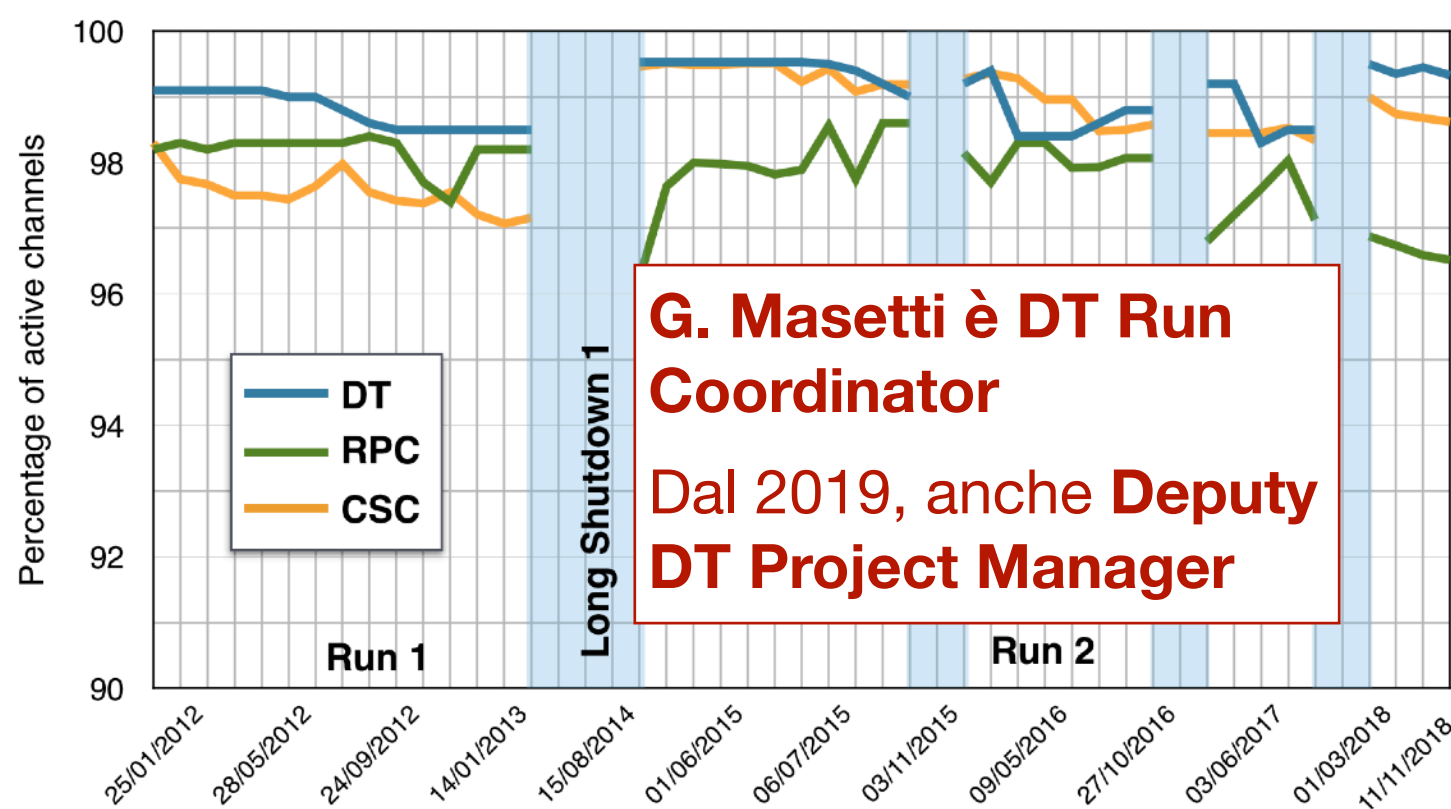
Detector e offline

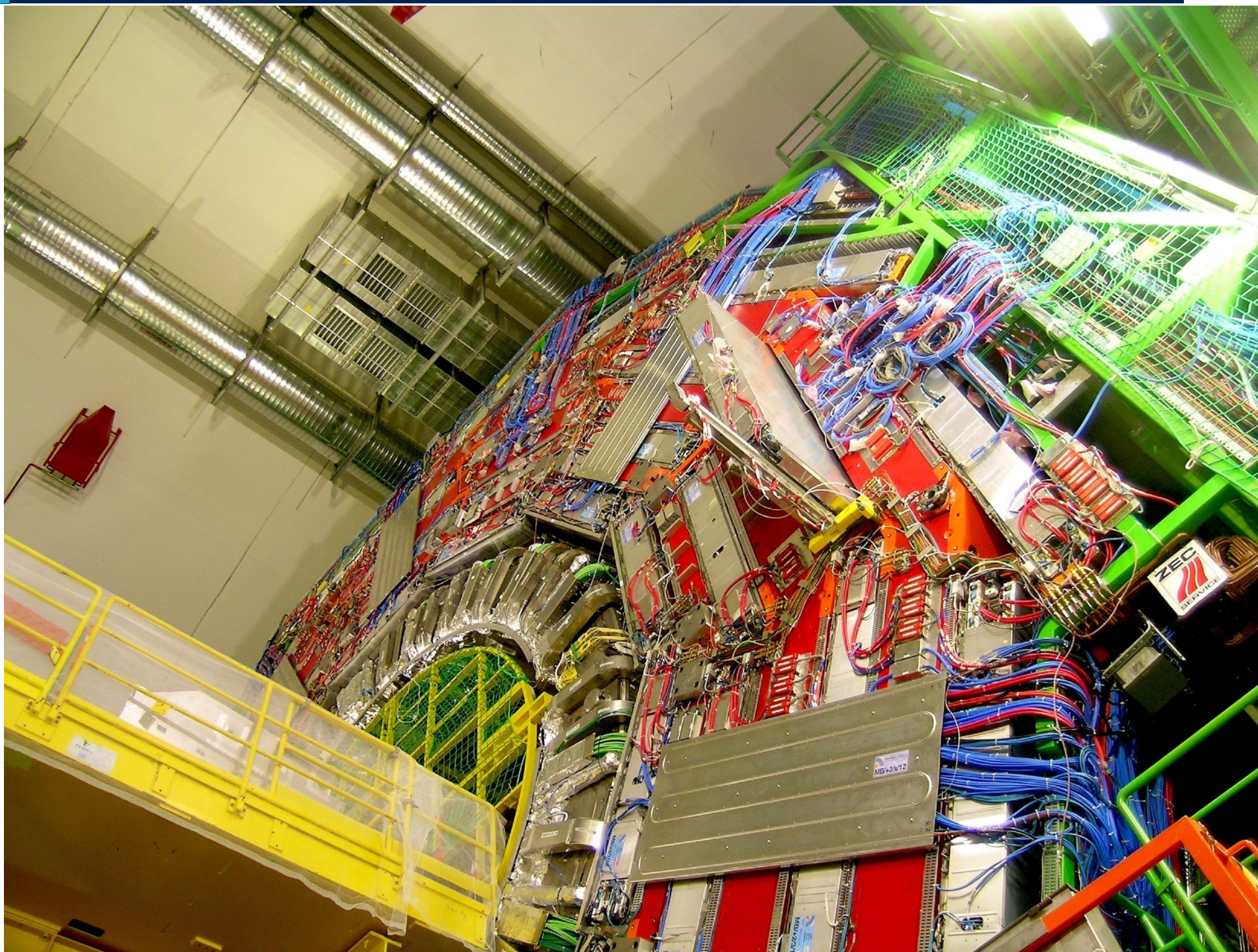
Fotografia del barrel di CMS



Un candidato $B_s \rightarrow \mu\mu$

- **Drift Tubes:** il principale rivelatore di muoni di CMS nel barrel ($|\eta| \lesssim 1$)
- Bologna ha un **ruolo di primissimo piano** fin dagli anni della costruzione, occupandosi in particolare di **operations** del rivelatore, **coordinamento tecnico**, **analisi delle performance**, sviluppo e ottimizzazione del **sistema di trigger**.
- Operare il sistema richiede la costante **presenza al CERN** di alcuni esperti e l'**assistenza da remoto** di numerosi altri esperti.
- Prestazioni eccellenti durante la presa dati a LHC (dal 2010):
 - **dead time e down time** in presa dati trascurabile
 - **opera costantemente con più del 99% dei canali funzionanti**
- Garantire queste prestazioni richiede **manutenzione e riparazione**
 - Nei momenti di shutdown di LHC grosso impegno rivolto alla riparazione dell'**elettronica installata sul rivelatore**, inaccessibile durante la presa dati.





- **Maintenance dell'infrastruttura** del rivelatore: Gas, Cooling, HV e LV power supplies
- **Sistemi di controllo**, monitoraggio e sicurezza (**DCS e DSS**) del rivelatore
- Monitoraggio del **background** nel rivelatore e attività volte alla sua riduzione
- **Integrazione** del rivelatore nell'infrastruttura di CMS
- **Pianificazione** delle attività di TC dei muoni e di CMS
 - Organizzazione ed esecuzione delle attività di LS2
 - Preparazione a Run 3
- Attività per l'**Upgrade di Phase 2**
 - Infrastruttura per lo **Slice Test** in LS2 e Run3
 - studi di meccanica, cooling e pianificazione in vista del cambio dell'elettronica On-Detector in LS3
 - sviluppo con CAEN di una nuova HV board per garantire il funzionamento futuro del rivelatore fino al 2035 e oltre, necessario in quanto l'HV delle DT è un sistema custom
- Studi di **Longevity**
 - Preparazione dell'infrastruttura e dei sistemi di controllo per i test di irraggiamento alla GIF++



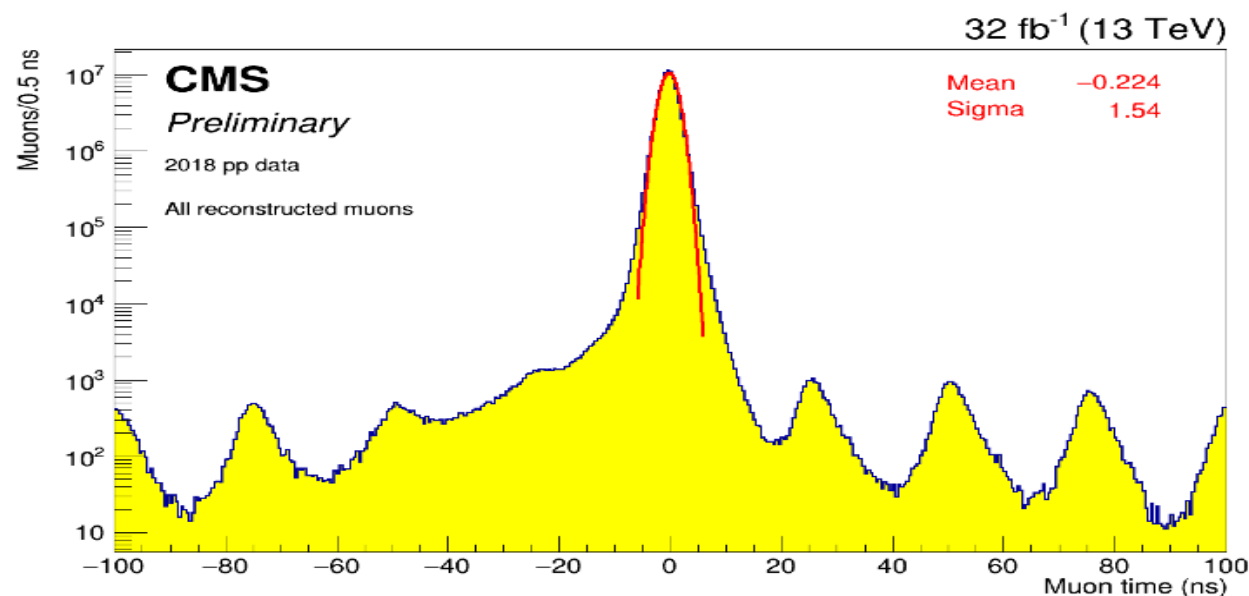
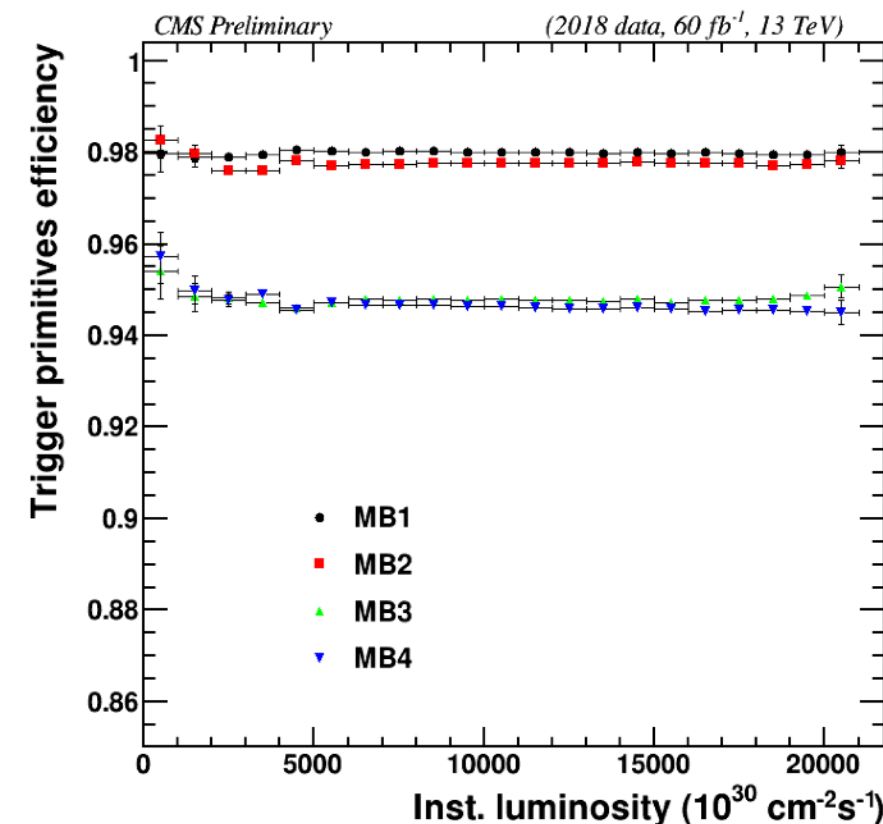
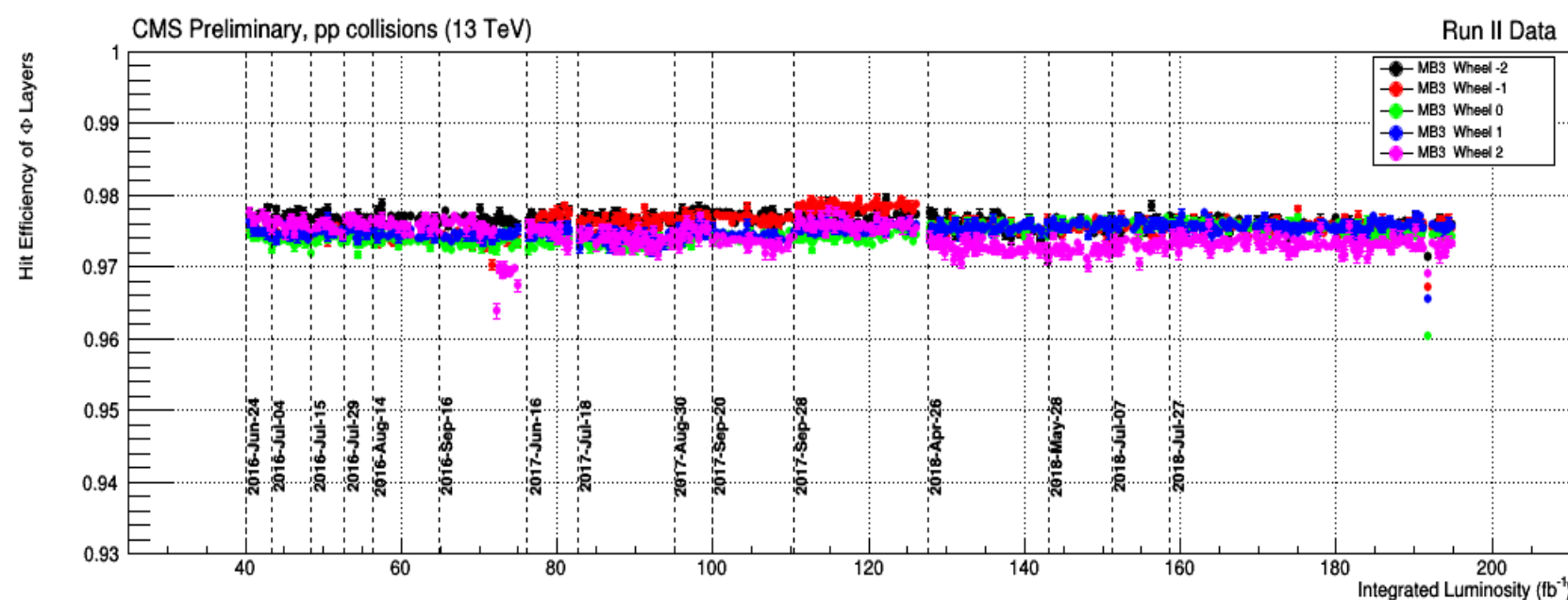
Attività storicamente Bolognese
(A. Benvenuti, M. Giunta...)

TC Coordinators D. Fasanella
(Bologna/attualmente fellow CERN) e
L. Borgonovi (Bologna, postDoc)

I tecnici **V. Cafaro, V. Giordano** e sono
i **principali esperti** per quanto riguarda
cablaggio e meccanica del rivelatore

I principali ambiti in cui opera il Detector Performance Group sono:

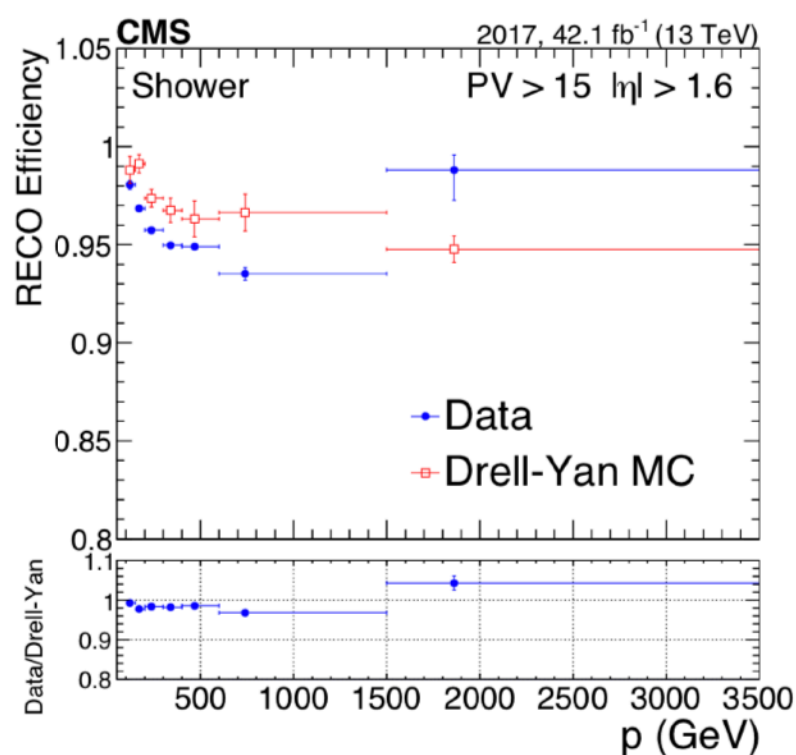
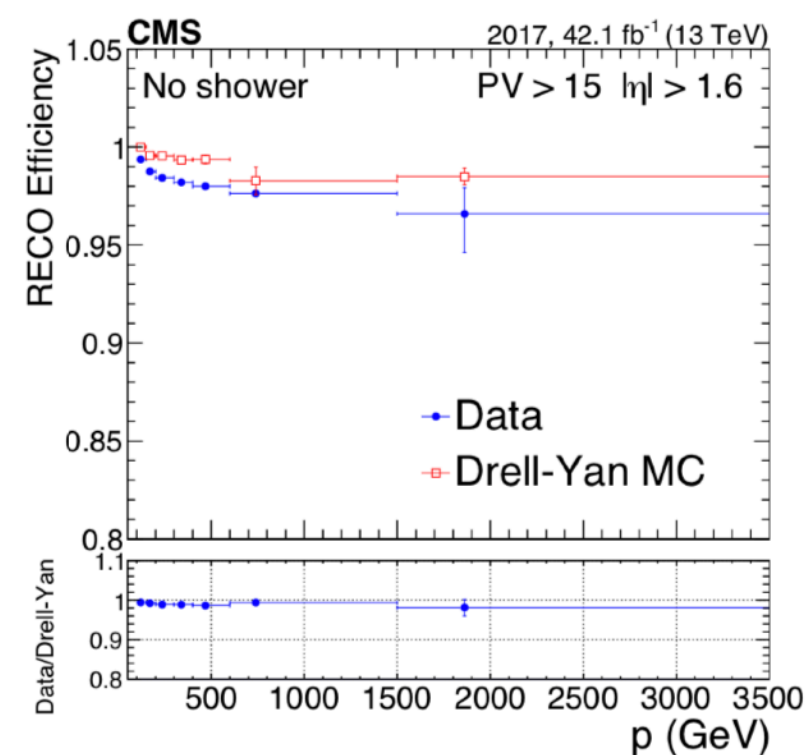
- **software di ricostruzione, simulazione e monitoraggio**, seguendo l'evoluzione dell'hardware
- analisi delle **prestazioni del rivelatore**, in particolare efficienza e risoluzione spaziale e temporale della ricostruzione delle **tracce** e del sistema di **trigger**
- controllare l'**evoluzione delle prestazioni nel tempo** e in diverse condizioni di presa dati.



F. Cavallo e C. Battilana (postDoc) sono **DT DPG coordinator e deputy**

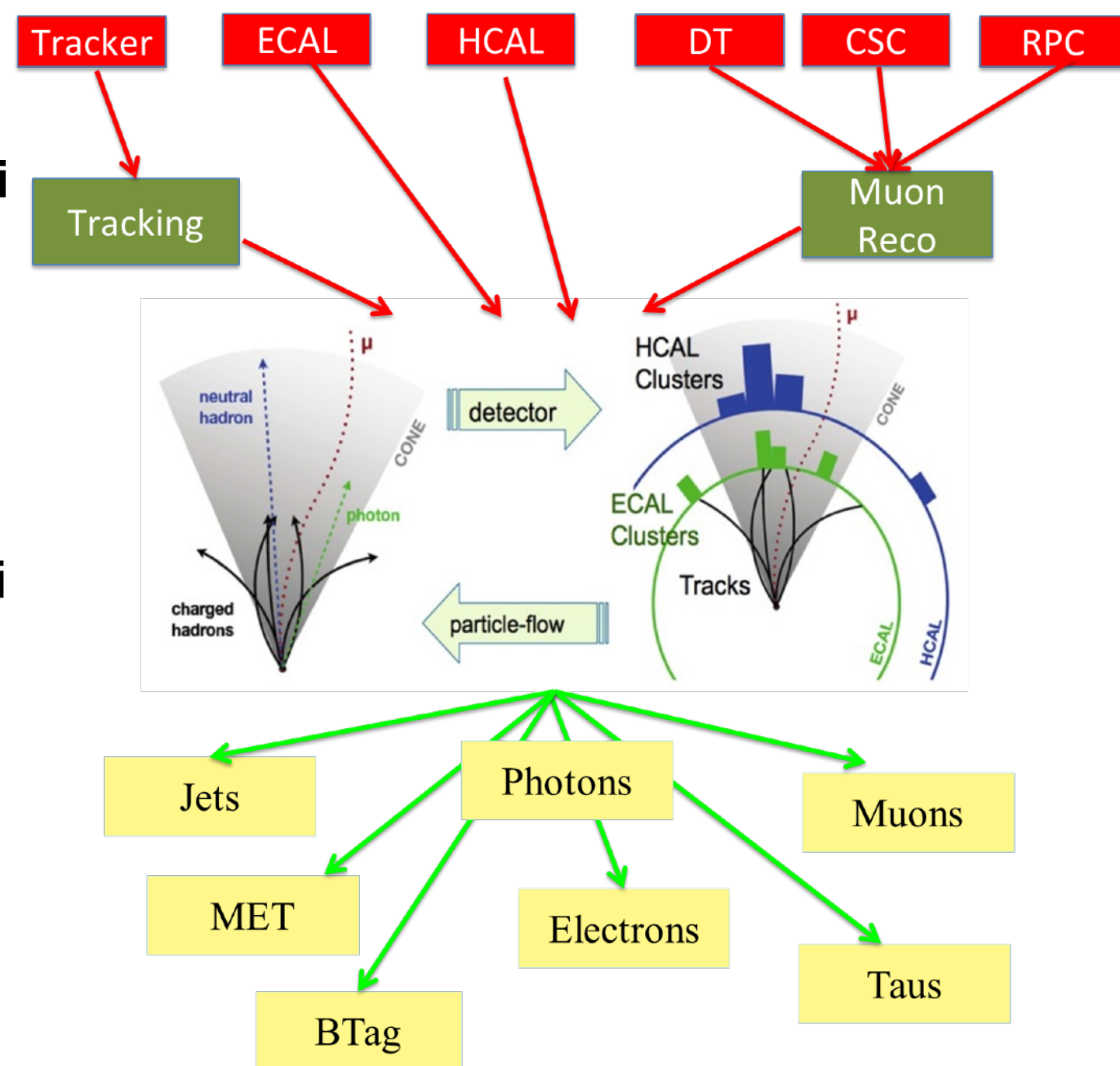
C. Battilana è anche convener del **Muon DPG Office**, coordina le attività DPG di tutti i rivelatori di muoni (DT/RPC/CSC/GEM)

- Paper “Performance of the reconstruction and identification of **high-momentum** muons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV”, presto su JINST
 - Muoni ad alto momento** $\implies$ alta probabilità di **sciame elettromagnetici** $\implies$ **alta molteplicità** di hit/segmenti nelle camere a muoni
 - Studio della **efficienza di ricostruzione** e della **risoluzione in momento trasverso**
 - Sviluppi per Run3**: studio delle **shower a livello di generatore**, misura del **momento dei muoni con un approccio ML**
- Coordinamento **Muon Reco (offline + HLT) per Phase2**:
 - Integrazione del **tracking negli algoritmi di Muon Reco**
 - Estensione fino a $|\eta| < 2.8$** grazie a tracking + ME0
 - Miglioramento prestazioni HLT: timing e rate
- Creazione della **geometria dei rivelatori di muoni** di Fase2 e migrazione a DD4HEP delle geometrie esistenti (S. Lo Meo)



Presenza storica nel Muon Physics Object Group. Ex-conveners:
G. Abbiendi, C. Battilana.
Ora **F. Primavera** (postDoc) **convener di Muon Reconstruction**
S. Lo Meo: muon contact in RADSIM
A. Fanfani: muon contact for MC generator

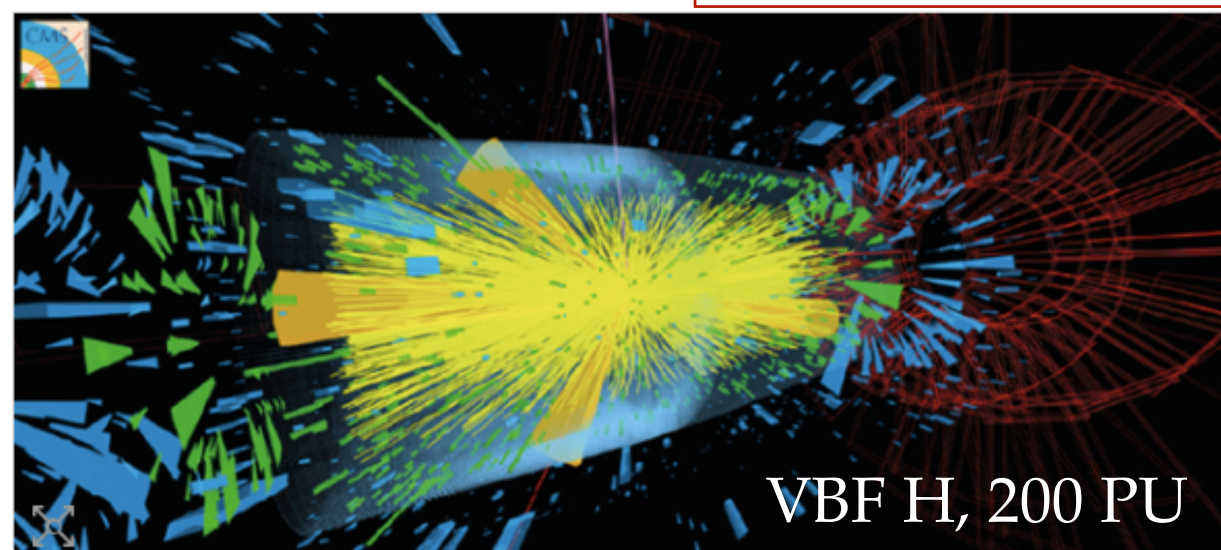
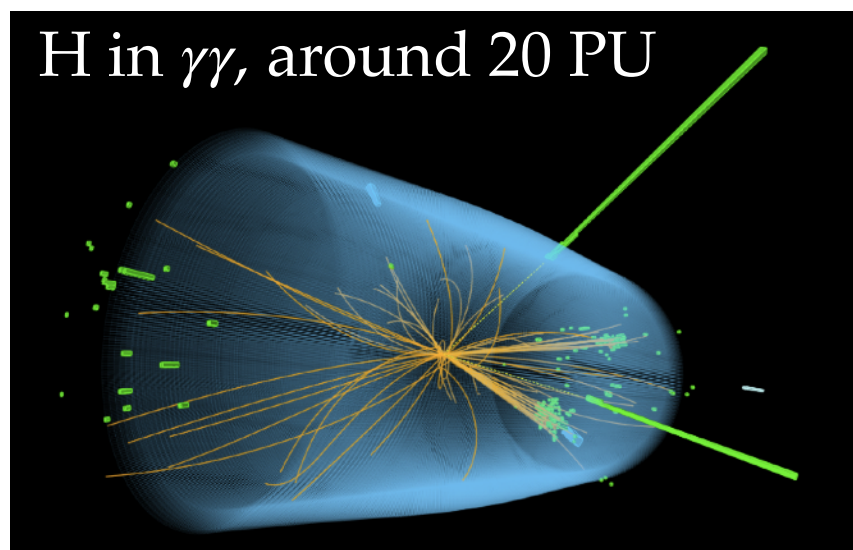
- **Coordinamento delle attività software:**
DPG (ricostruzione locale) e POG (globale)
- **Integrazione** nel framework software di CMS (CMSSW) e verifica della **qualità degli “oggetti”** prodotti per le analisi di fisica
- Verifica delle **prestazioni del codice**:
 - Come regola generale si può supporre che un aumento o riduzione dell'**1% del tempo di CPU o della memoria** corrisponda a un aggravio o risparmio di costi di circa **100,000 CHF all'anno!**
- Preparazione **del Run3**:
 - Ristrutturazione del particle flow, utilizzo della segmentazione longitudinale di HCAL, ottimizzazione del codice
 - Adattamento dei formati dei dati alle richieste delle analisi e riduzione dello spazio disco necessario



**A. Perrotta è convener di
CMS Offline Reconstruction**

COMPUTING

D. Bonacorsi è Computing Resource Board chair



Il passaggio **LHC** → **HL-LHC** è una sfida per Software/Computing

- nel LS1 (2013/14) le funding agencies hanno imposto “flat budget”: aumento annuale di ~20% solo in virtù della legge di Moore (ottimista...)
- dopo Run-III, lo scenario per Phase-II è approssimativamente 6x PU, 7.5x HLT rate, che si riflette in un aumento atteso di circa 50-100x in richieste di calcolo
- algoritmi di ricostruzione attuali “rule-based” → non saranno più sostenibili
- rivelatori più granulari e più complessi → più risorse di calcolo necessarie

Il costante **miglioramento delle prestazioni del software su computing eterogeneo**, l'integrazione con risorse di **High-Performance Computing**, e l'utilizzo alla scala adeguata di tecniche di **Machine/Deep Learning** saranno parte cruciale della soluzione

Sforzo internazionale multi-esperimento intenso e focalizzato

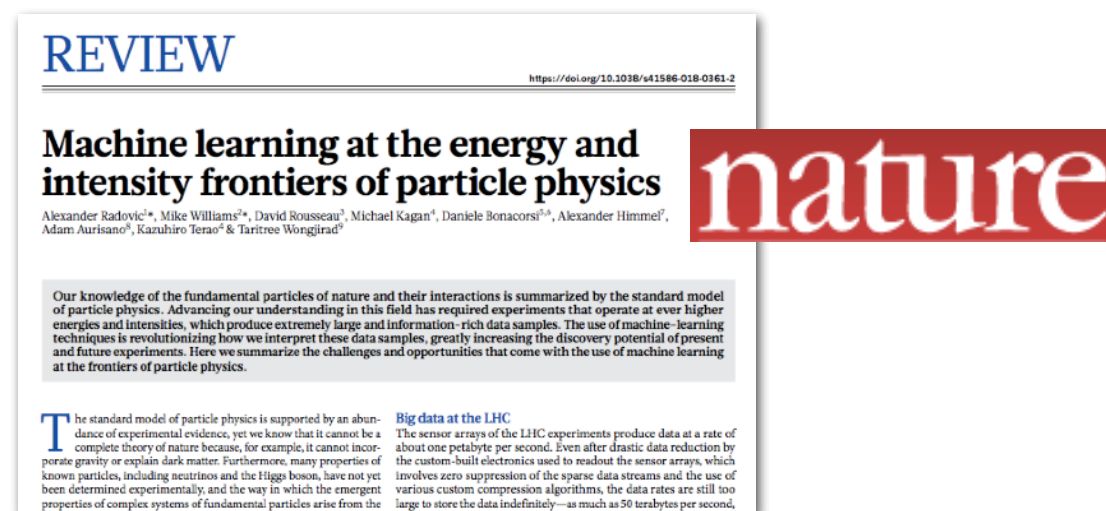
- “A Roadmap for HEP Software and Computing R&D for the 2020s” ([Comput. Softw. Big Sci. 3 \(2019\) no.1, 7](#)) - 300 autori - CMS Bologna: **D. Bonacorsi**, **C. Grandi**, **G. Siroli**

Partecipazione a ECoM2x, Working Group creato dallo SP di CMS

- “Evolution of Computing Model 2020x” (ECoM2x) - membro **D. Bonacorsi**

Introduzione di metodi di Machine/Deep Learning in HEP

- per una review (2018), vedi [Nature 560 \(2018\) no.7716, 41-48](#) (bit.ly/ML-DBonacorsi) - coautore **D. Bonacorsi**



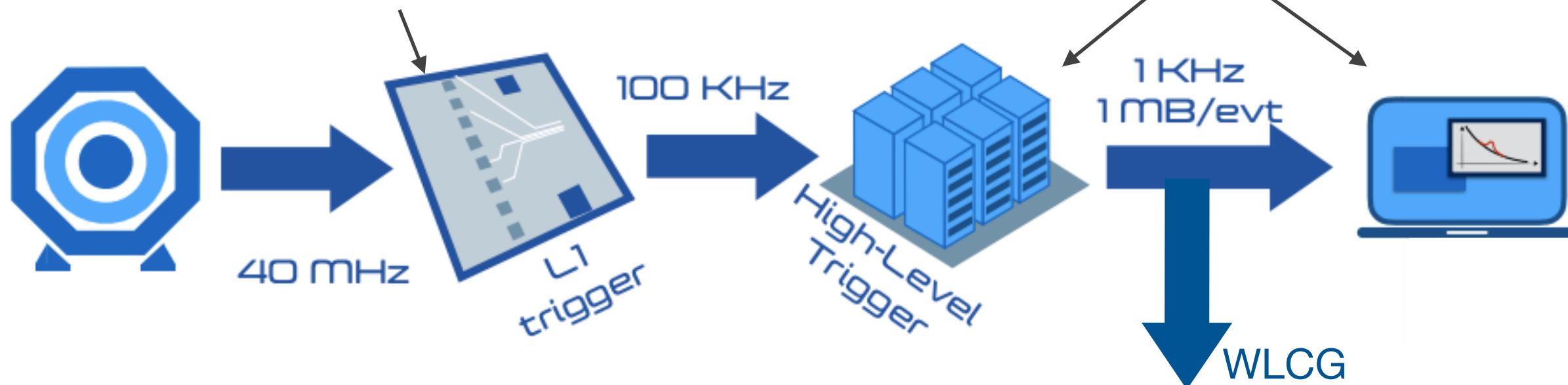
Attività all'interno del neonato Centro Interdipartimentale per l'IA dell'Università di Bologna (“AlmaAI”)

- 26 Dipartimenti coinvolti - definizione area “*Hard Sciences and Machine Learning*” (**D. Bonacorsi** per DIFA), coordinamento area A. Zoccoli

Recentemente, grosso impegno anche sul fronte didattica/training/scuole

Tecniche moderne di calcolo
pervasive a tutti i livelli, da data
taking all'analisi distribuita

CMS Level-1 trigger muon momentum
assignment with Machine Learning
(**T. Diotalevi**, PhD Fisica)



Machine Learning in BSM neutral scalar Higgs analysis at 13 TeV
(**T. Diotalevi**, PhD Fisica; **W. Korcari**, LM Physics; **G. Paoletti**, L Fisica)

Advanced ROOT solutions in SM $H \rightarrow 2\tau$ analysis
(**M. Galli**, CERN technical student + LM Physics)

More exploratory:

Quantum computing for HEP
(**D. Bonacorsi**)

Neuromorphic computing for HEP
(**D. Bonacorsi**, **C. Grandi**)

Big Data Analytics and ML-enabled log processing at a computing center
(**F. Minarini**, L Fisica + LM Physics; **S. Rossi Tisbeni**, LM Physics; **L. Decker de Sousa**, **L. Giommi**, PhD Data Science; **T. Diotalevi**, PhD Fisica)

Machine Learning as a Service for HEP, and validation on ttH analysis
(**L. Giommi**, PhD Data Science)

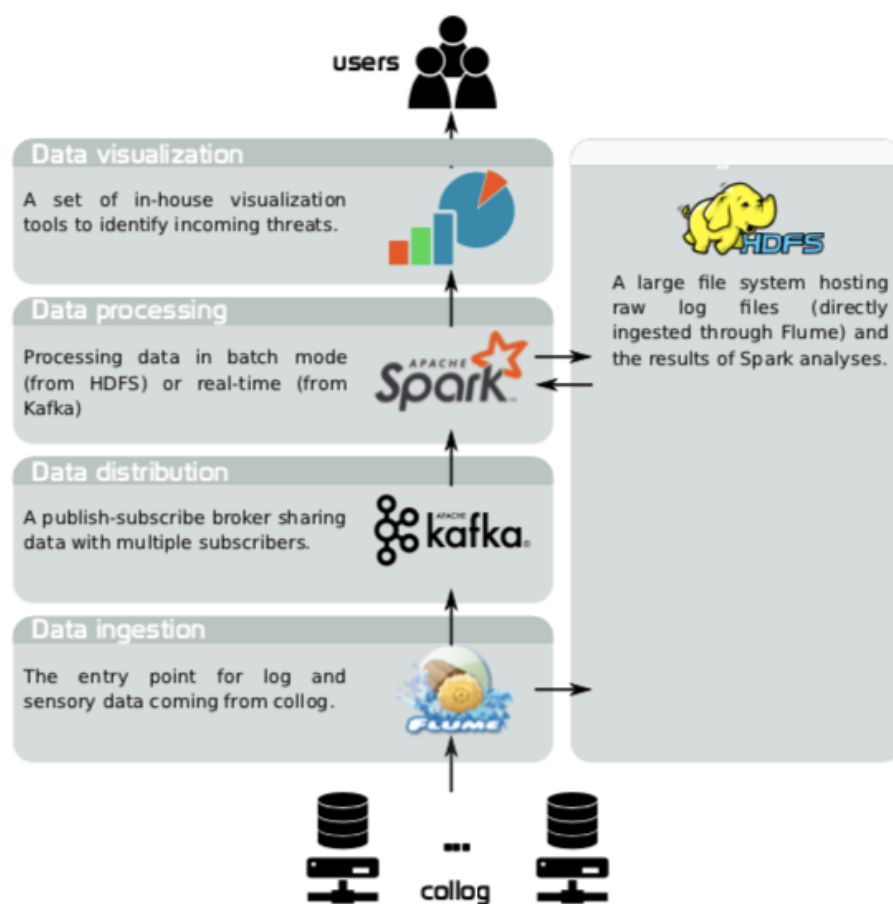


Premio Giulia
Vitafinzi 2018

DISCLAIMER: nei lavori di analisi dati, sono riportati solo i nomi dei collaboratori il cui lavoro ha forte componente Computing

Con INFN-CNAF

Definizione della nuova (ML-enabled) infrastruttura di Monitoring e Analytics del CNAF

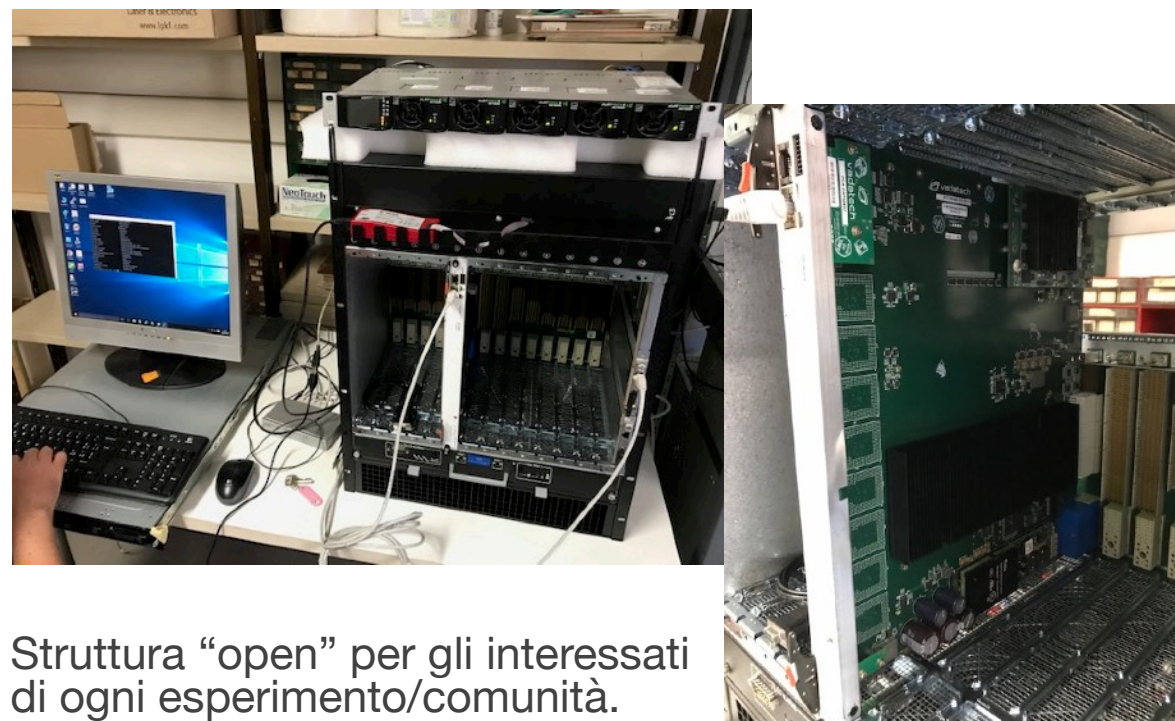


S. Rossi-Tisbeni, ex-studente di CMS-Bologna, oggi assegnista INFN-CNAF. Altri PhD di CMS-Bologna (**L. Decker De Sousa**, **L. Giommi**, **T. Diotallevi**) collaborano attivamente al progetto.

Dentro INFN-Bologna

Gruppo trasversale multi-esperimento con esperti di elettronica della sezione, per esplorare implementazione di modelli di Deep Learning su risorse di alto profilo già acquisite ad-hoc:

- crate ATCA con backplane full-mesh a 40 Gb/s
- Scheda di sviluppo custom Vadatech ATC136 con FPGA Xilinx Virtex-7



Struttura “open” per gli interessati di ogni esperimento/comunità.

CMS-Bologna: collaborano attivamente (tra gli altri) **M. Dallavalle**, **R. Travaglini**, **D. Bonacorsi** e dedica parte del suo progetto PhD anche **T. Diotallevi**. Applicazione sottomessa per un ass. ricerca da Regione ER

Futuro, Upgrade

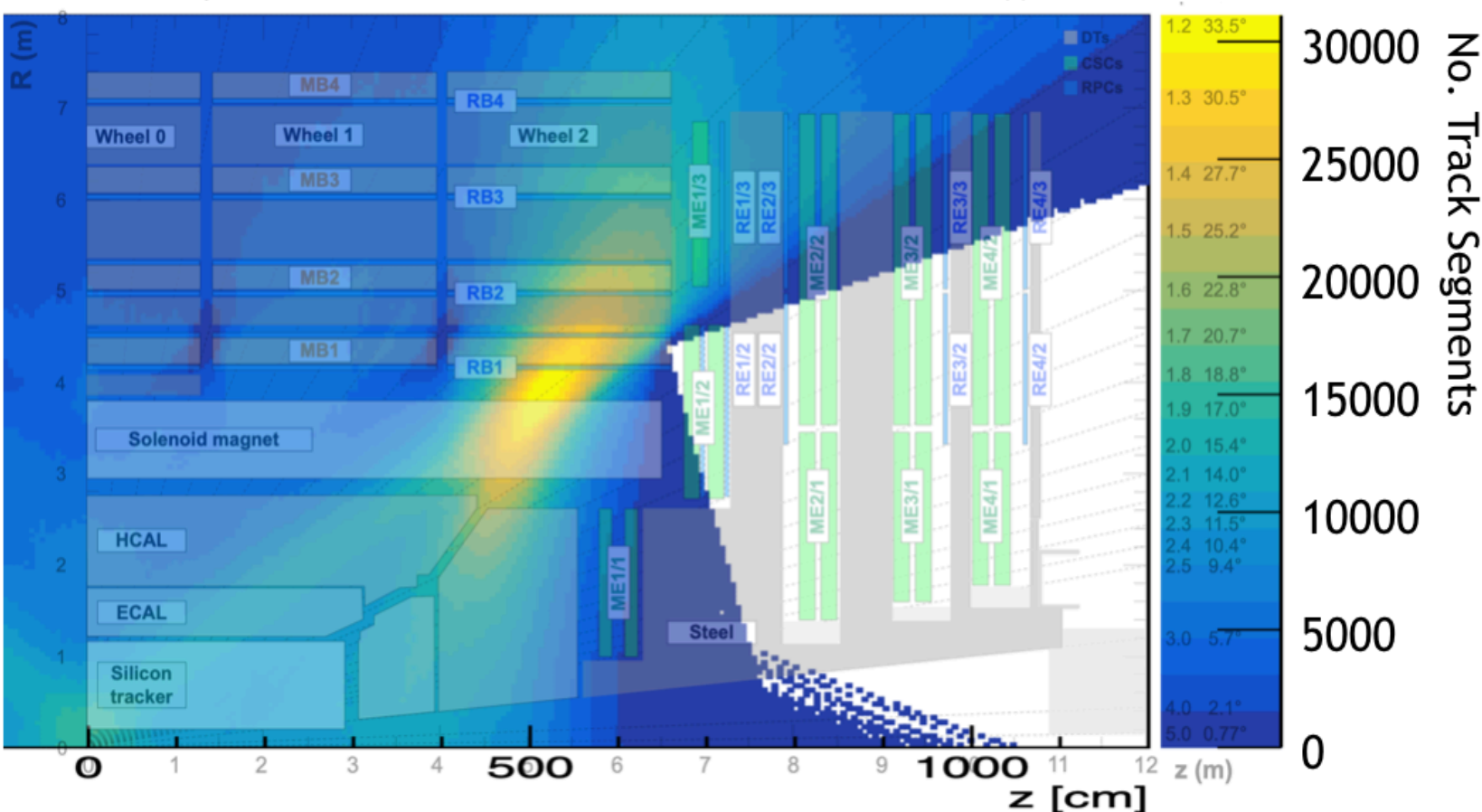
Il background può peggiorare la **performance del detector**. Inoltre le regioni sottoposte a maggior background sono le prime a soffrire di **possibili danni da radiazione**.

Le zone a rischio (da monitorare), sono le camere interne più in avanti, esposte alla radiazione che proviene dalle collisioni dei fasci di LHC...



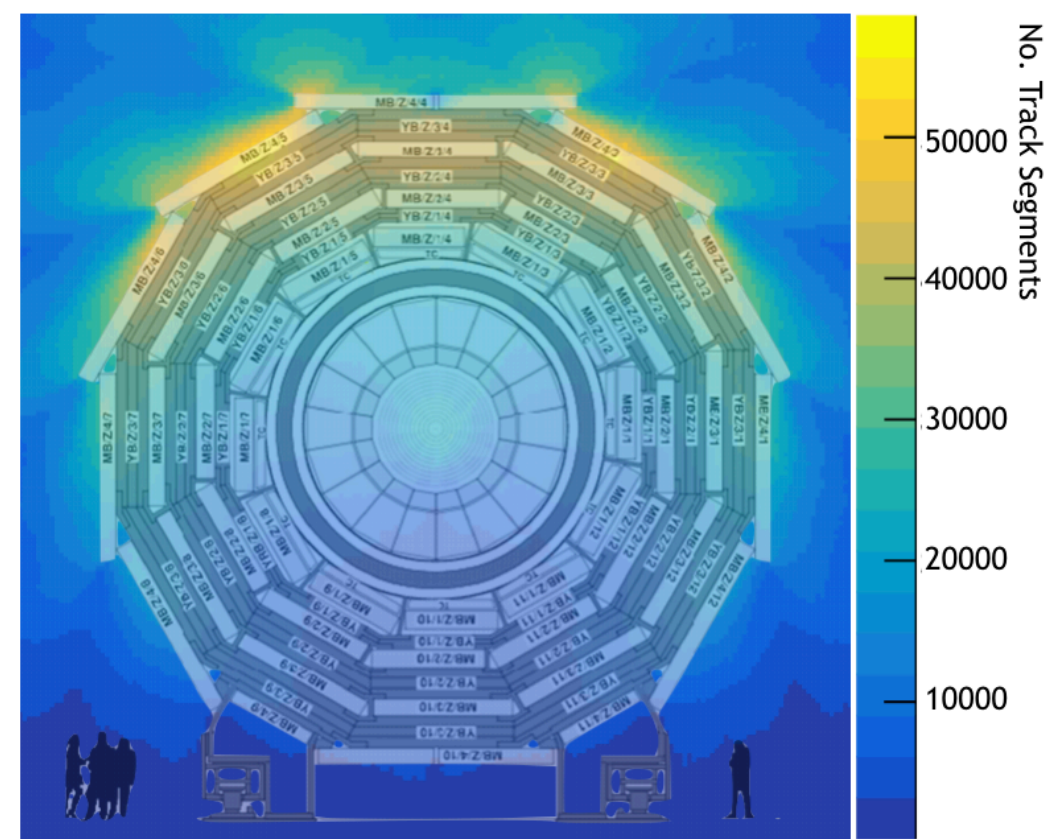
CMS Preliminary

2018 data, pp collisions. 13 TeV



CMS Preliminary

2018 data, pp collisions. 13 TeV



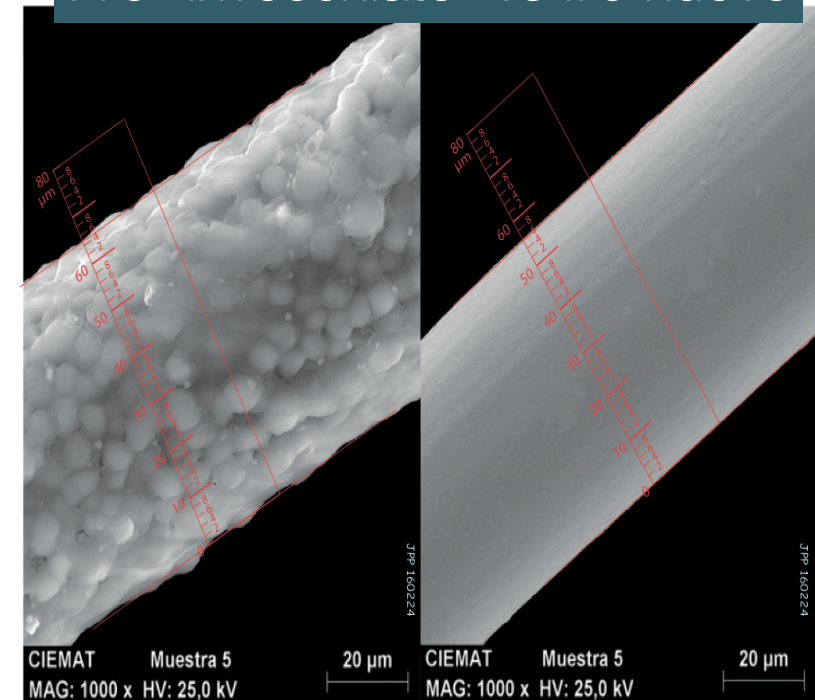
... e le camere esterne superiori, esposte a radiazione secondaria presente nella caverna (neutroni termici)

**F. Cavallo /
C. Battilana**

- Diverse strategie per **mitigare l'invecchiamento**
- Upgrade del sistema di gas da “closed loop” a “**open loop**” per **espellere gli inquinanti**
- Uso di di **tensione più bassa nel rivelatore**,
per ridurre le correnti
- **Come suggerito da A. Benvenuti, installazione di uno schermo per proteggere le camere MB4 dal gas di neutroni presente in caverna durante le collisioni**
- **Installazione durante LS2, ora completa all'85%**

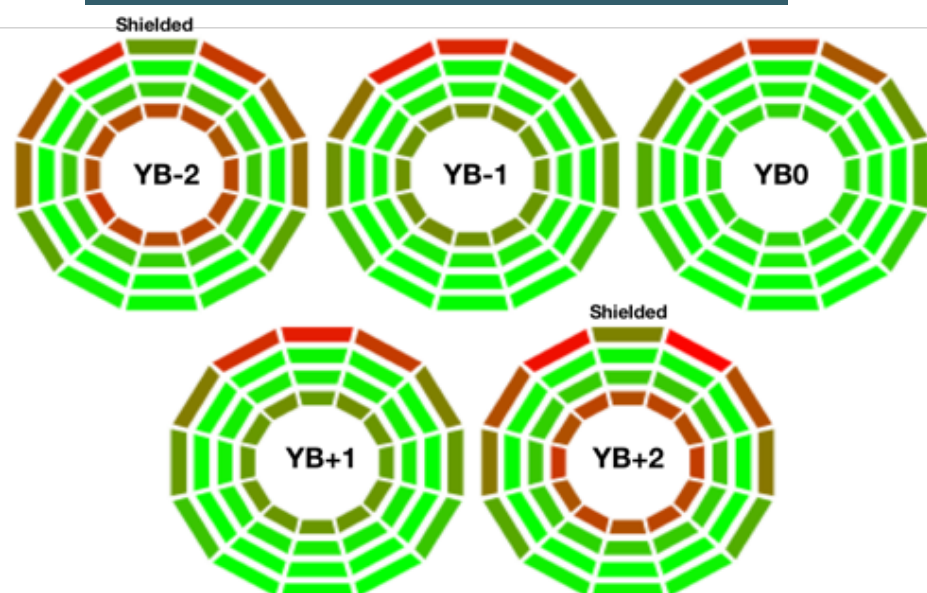
D. Fasanella

Filo “invecchiato” vs filo nuovo

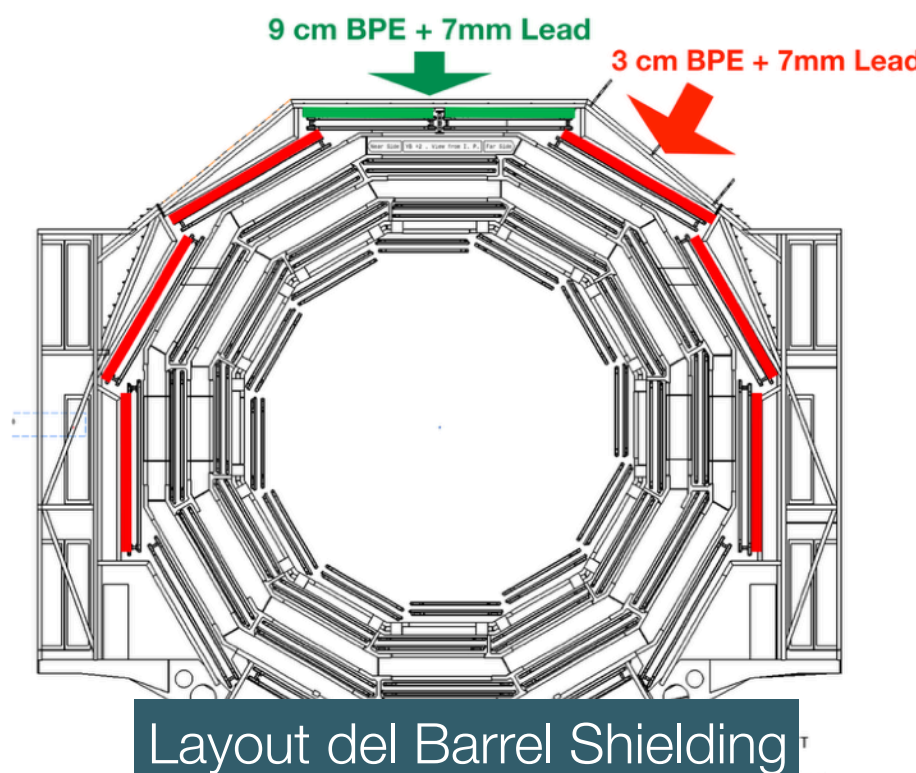


Wire with deposit (left): 65 μm diameter; clean wire (right): 56 μm diameter. The deposit layer is thus about 4.5 μm thick.

Correnti nel rivelatore (Run2)



Installazione

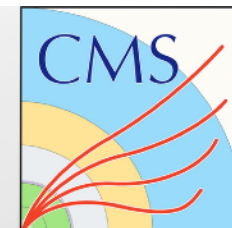




Upgrade di Fase2 dei Drift Tubes



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



CMS Drift Tubes Upgrade Workshop



Bologna 17-18 February 2020

Local Organizing Committee

Luigi Guiducci (chair)
Federica Primavera
Francesca Romana Cavallo
Carlo Battilana
Roberto Giacomelli

International Organizing Committee

Ignacio Redondo Fernandez (CIEMAT)
Cristina Fernandez Bedoya (CIEMAT)
Daniele Fasanella (CERN)
Sandro Ventura (INFN Padova)

Sponsorships

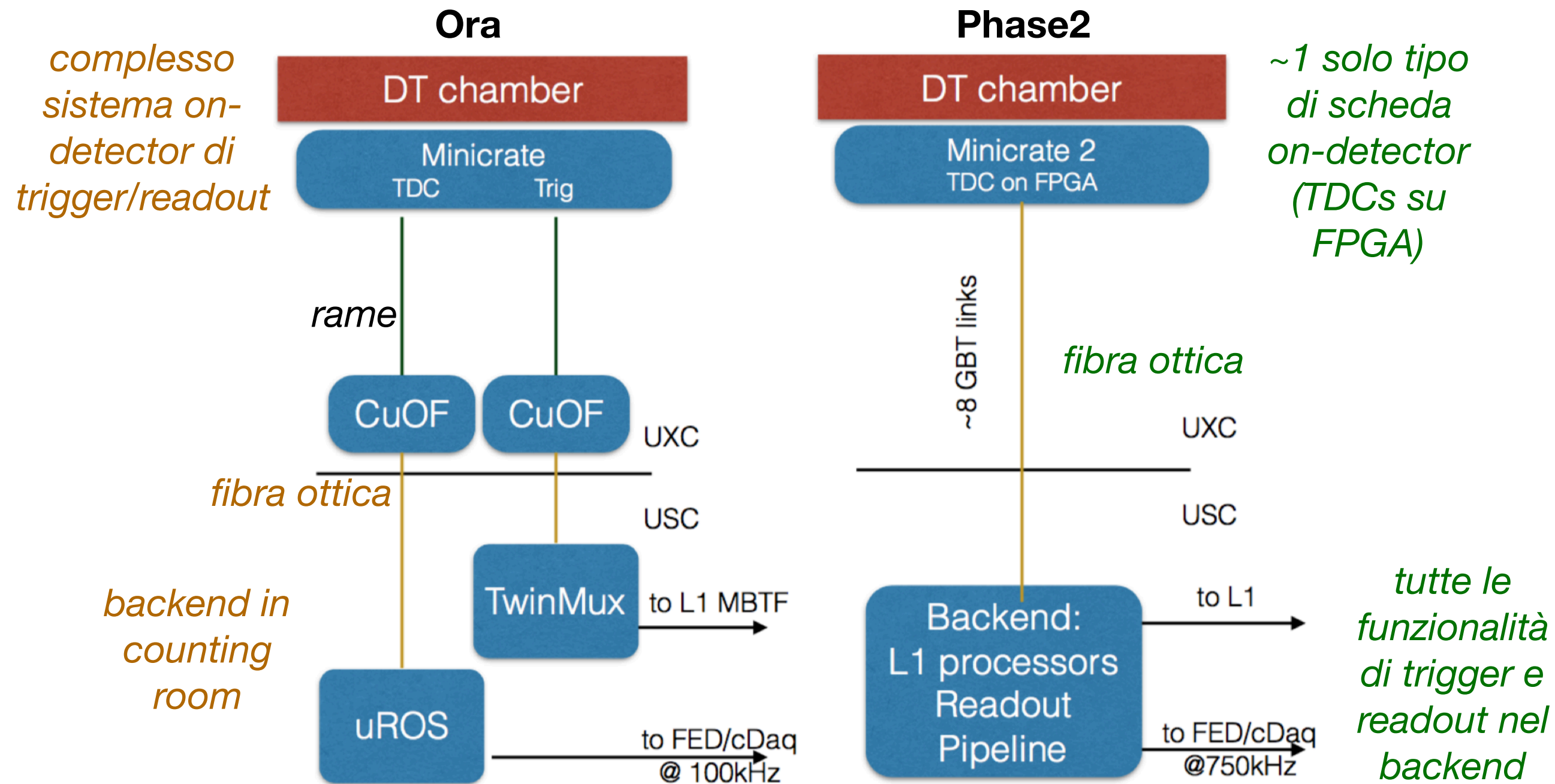
DIFA (Department of Physics and Astronomy of Bologna)
INFN Bologna



<https://www.caen.it/>

<https://indico.cern.ch/event/870703/>

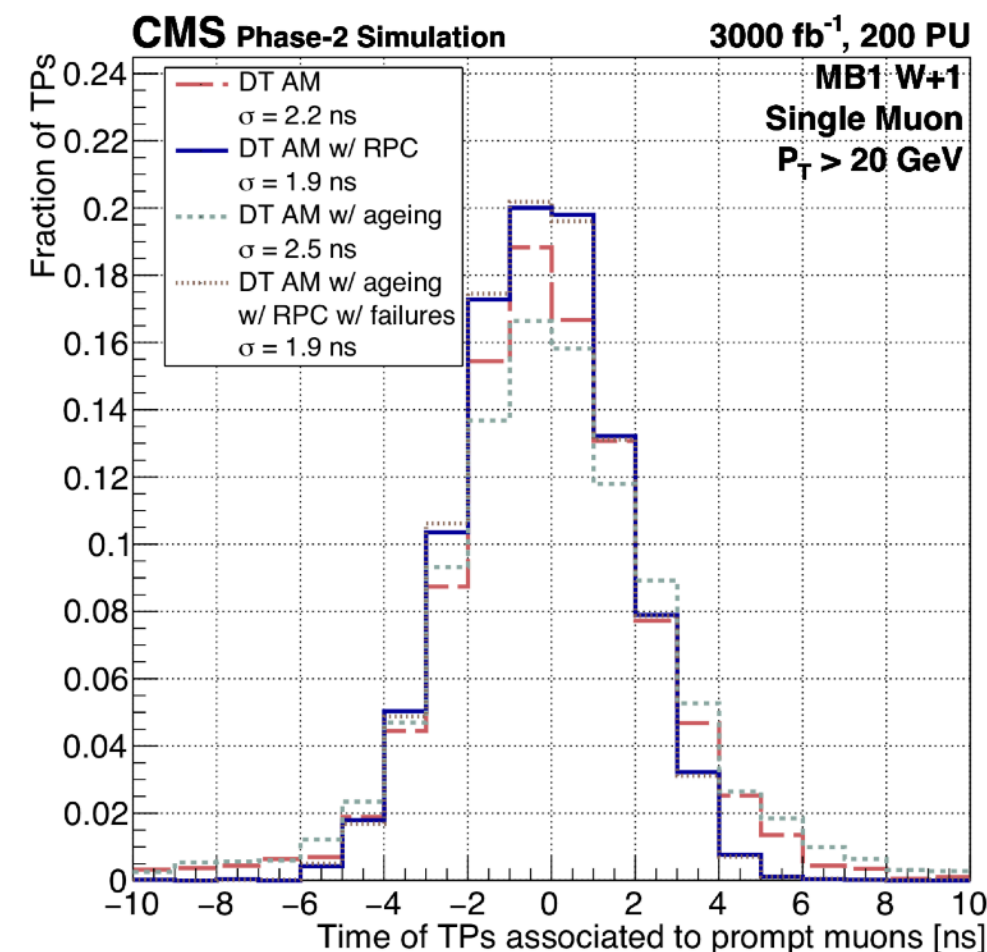
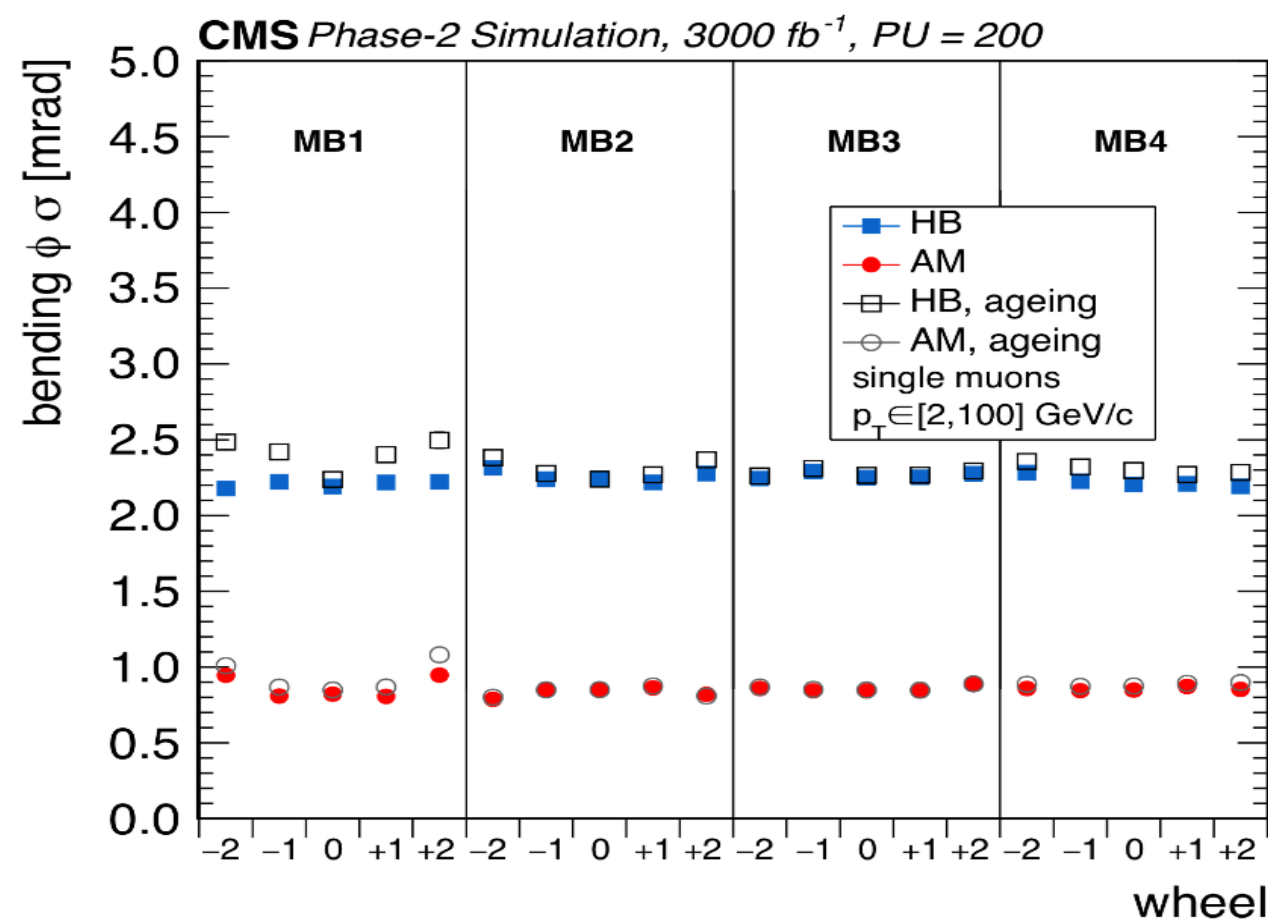




Il sistema di Fase2 semplifica notevolmente l'elettronica on-detector (robustezza, manutenzione....) e sposta la complessità nel backend (FPGA), in particolare nei firmware

Sulla base della simulazione gli **algoritmi di trigger DT (&RPC) sviluppati per Fase2** mostrano:

- elevata **efficienza**
- buon **comportamento con invecchiamento** del rivelatore
- **risoluzione spaziale e temporale** prossima a quella che nel sistema attuale si può ottenere solo offline



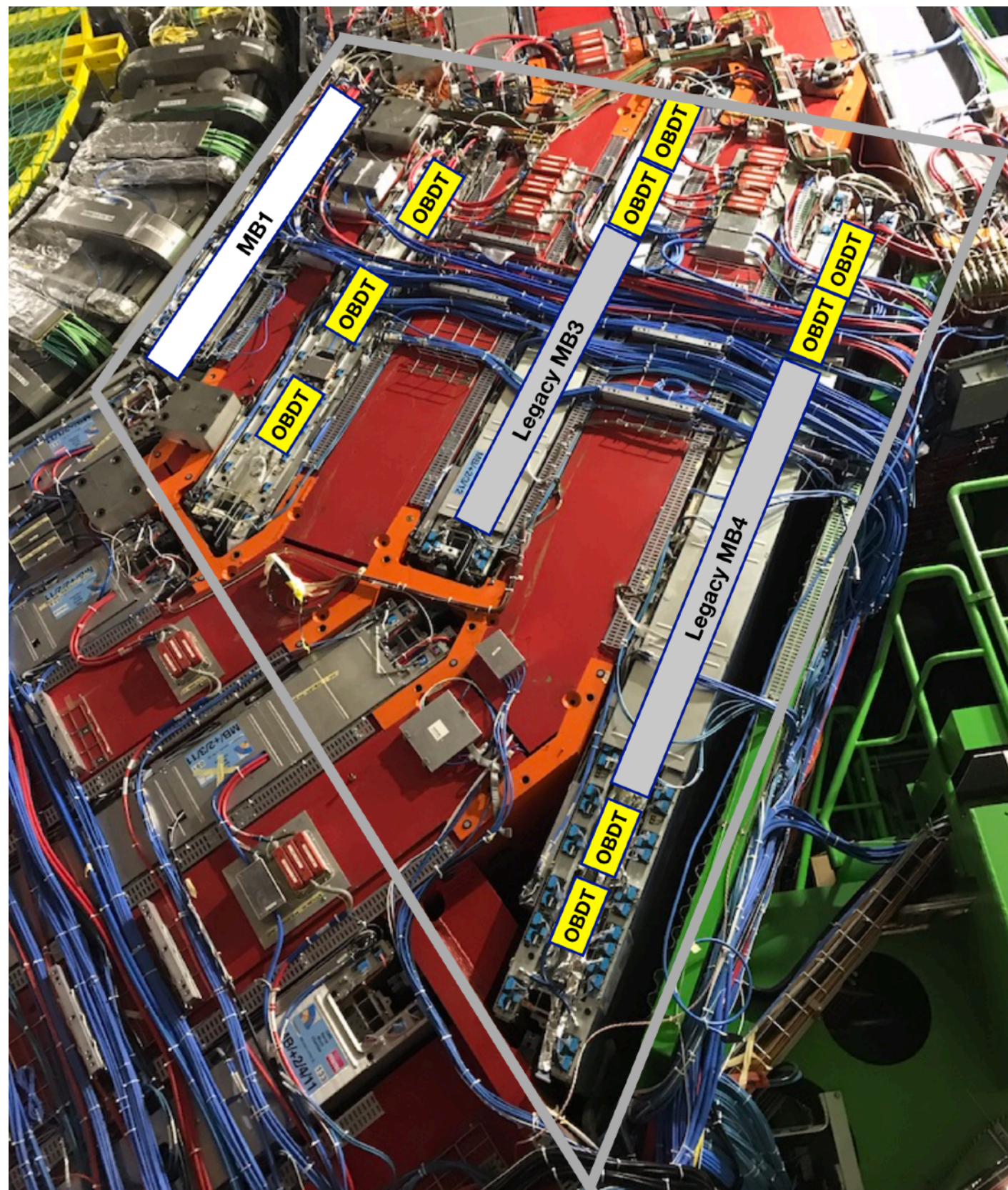
Phase2 Muon Upgrade* (2017) e
L1 Trigger Upgrade TDR** (ora in
collaboration-wide review) su
architettura e prestazioni

* L.Guiducci editor parte su trigger
& reco performance

** C. Battilana editor parte su
muon detectors

L. Guiducci
coordinatore di
DT Phase2 Trigger
Studies

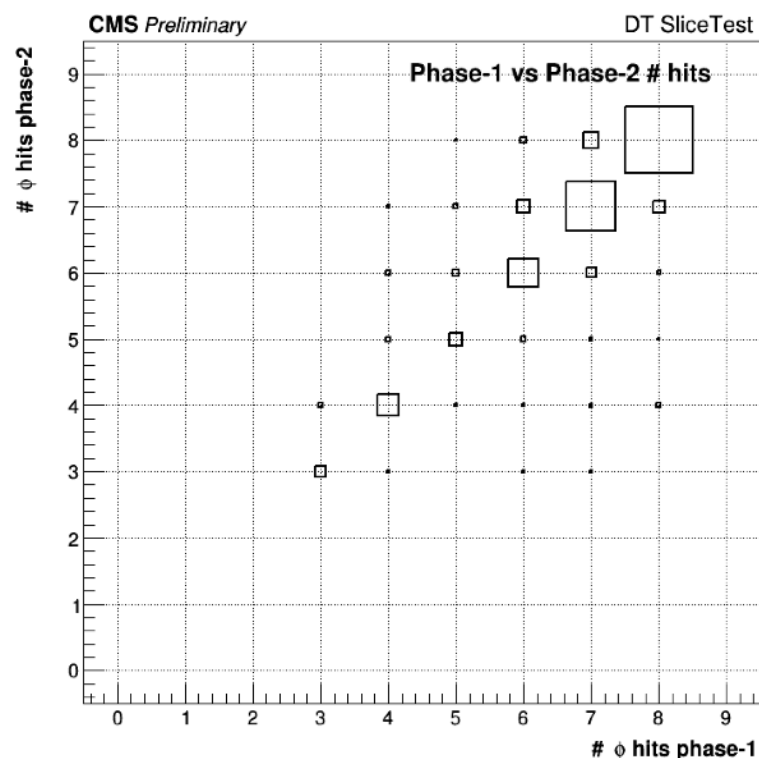
- Test dei **prototipi dell'elettronica di Fase2** durante il Long-Shutdown
 - Installazione mista fra legacy e nuova elettronica
 - Primo test per l'integrazione dei servizi sul detector (LS3)
- In Run3, segnali di Front-End di 4 camere saranno inviati in parallelo all'elettronica attuale e ai prototipi
 - **test del nuovo sistema in condizioni reali (collisioni protone-protone)**
 - la configurazione hardware finale verrà ultimata durante l'estate 2020



Il trigger attuale ha una granularità temporale corrispondente al clock di LHC (25 ns)

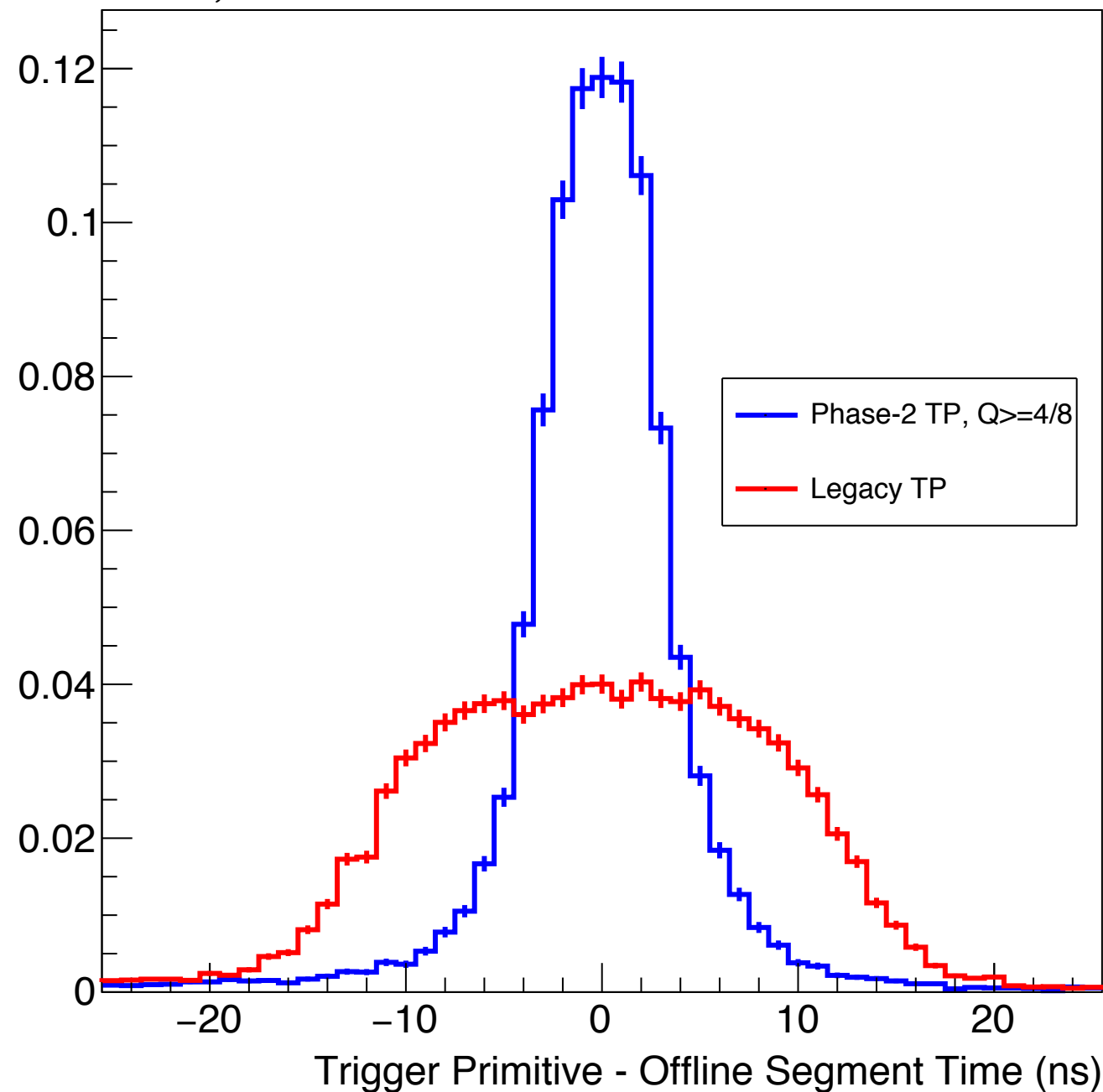
Il nuovo trigger avrà una granularità uguale a quella del readout (~ 1 ns), quindi una **migliore risoluzione temporale**.

Ottima correlazione ed efficienza relativa tra hit/segmenti prodotti dall'elettronica attuale ("Phase1") e i prototipi di Fase2 ("Phase2")



CMS, DT SliceTest

Cosmics Data



DPG!

Il progetto “trasversale” di **Deep Learning su FPGA** è di forte interesse per il gruppo CMS

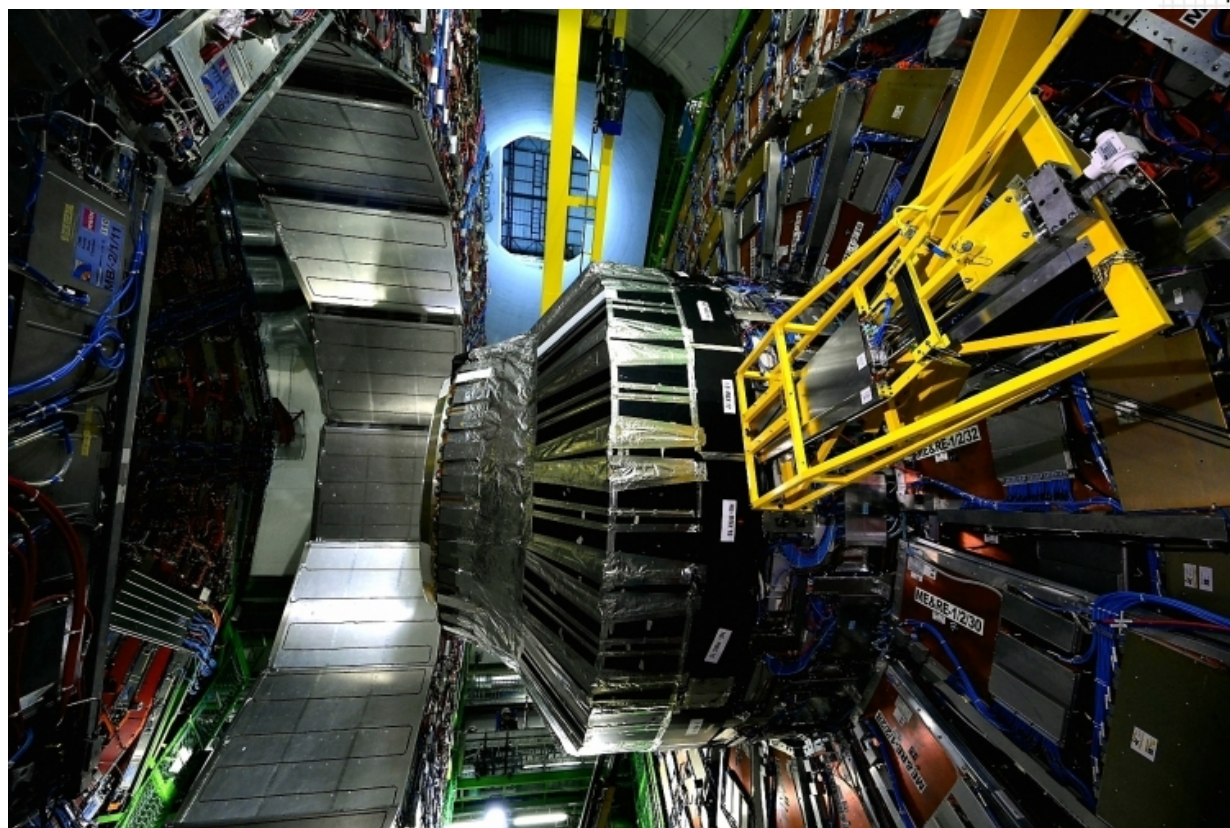
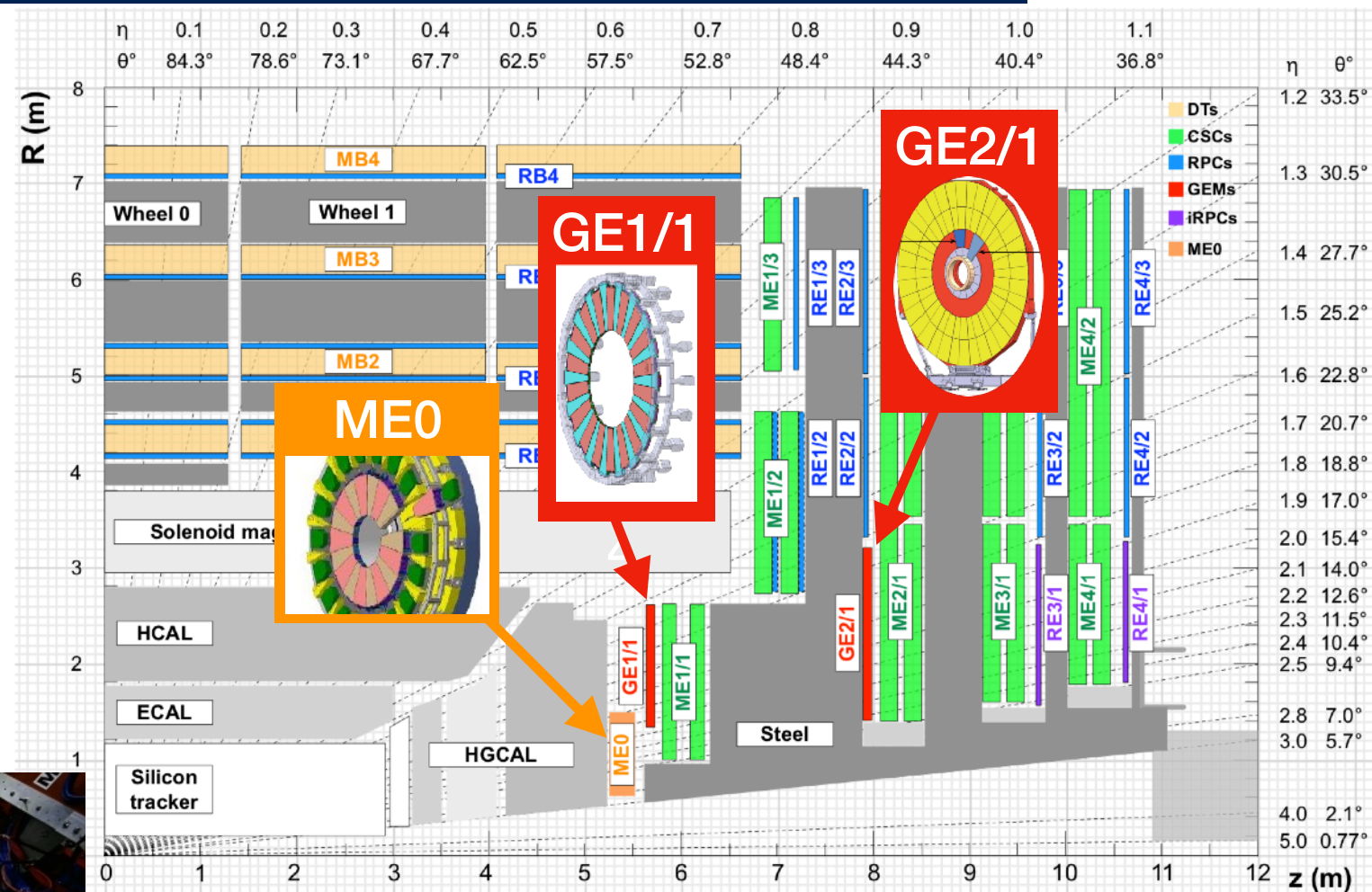
- **Infrastruttura ATCA** usata in upgrade di Fase2
⇒ possibile acquisto di **schede di ultima generazione** sviluppate nella comunità CMS (anche Atlas?) per iniziare a costruire esperienza
- Possibilità di connettere l'elettronica dei **rivelatori collocati nel test-stand per cosmici** nel laboratorio al piano -1 e creare una “slice”: dal rivelatore al backend
- Sviluppo e validazione di possibili algoritmi ML/DL, prototipi, links, sviluppo del software di controllo, test di integrazione...

**foto: due “superlayer”
di Drift Tubes
(piccoli: 80x80cm²)**

L. Guiducci
M. Dallavalle



- Miglioramento di trigger e ricostruzione dei muoni negli endcap: **nuove stazioni GEM GE1/1 e GE2/1** (e iRPC)
- Estensione dell'accettanza da $|\eta| < 2.4$ a $|\eta| < 2.8$ con l'inserimento di una nuova stazione ME0



- Installazione di GE1/1 in LS2 (adesso)
- Installazione di GE2/1 e ME0 in LS3 (dopo Run3, prima di HL-LHC)

P. Giacomelli: GEM IB Chair

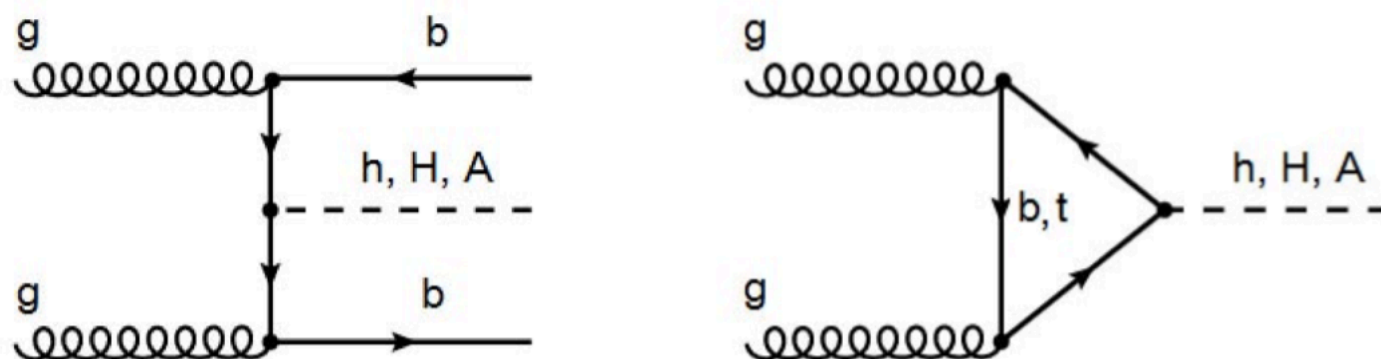
F. Cavallo: GEM Upgrade Physics Coordinator

L. Borgonovi (postDoc)

ANALISI

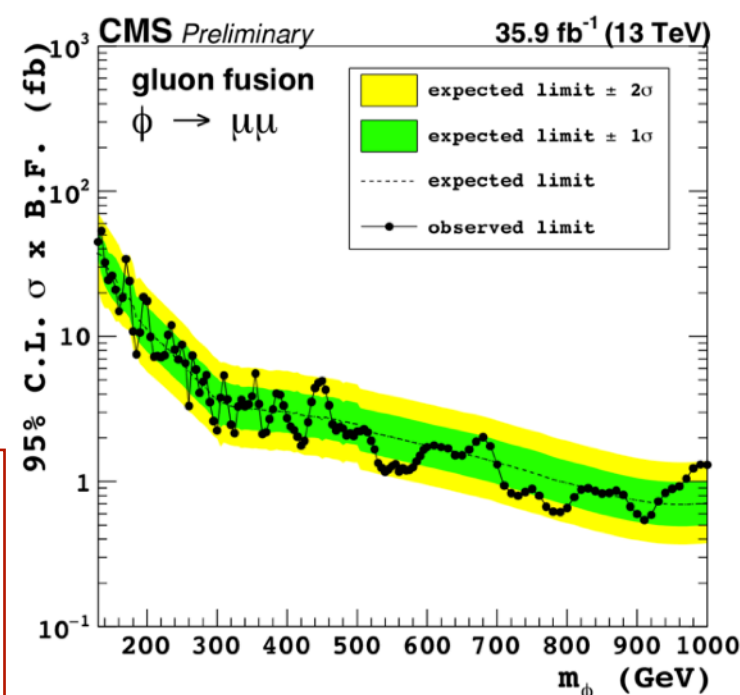
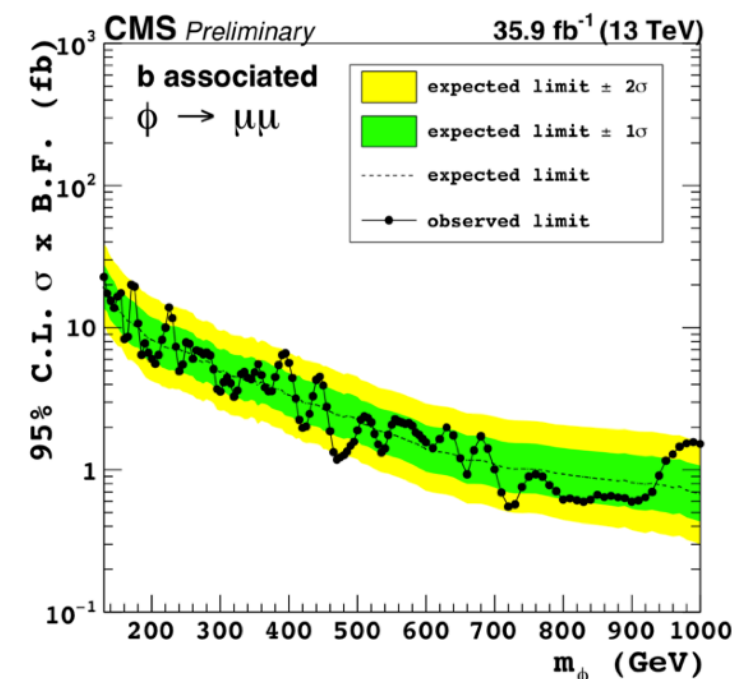
Search for neutral MSSM Higgs bosons decaying to $\mu^+\mu^-$ in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.134992>

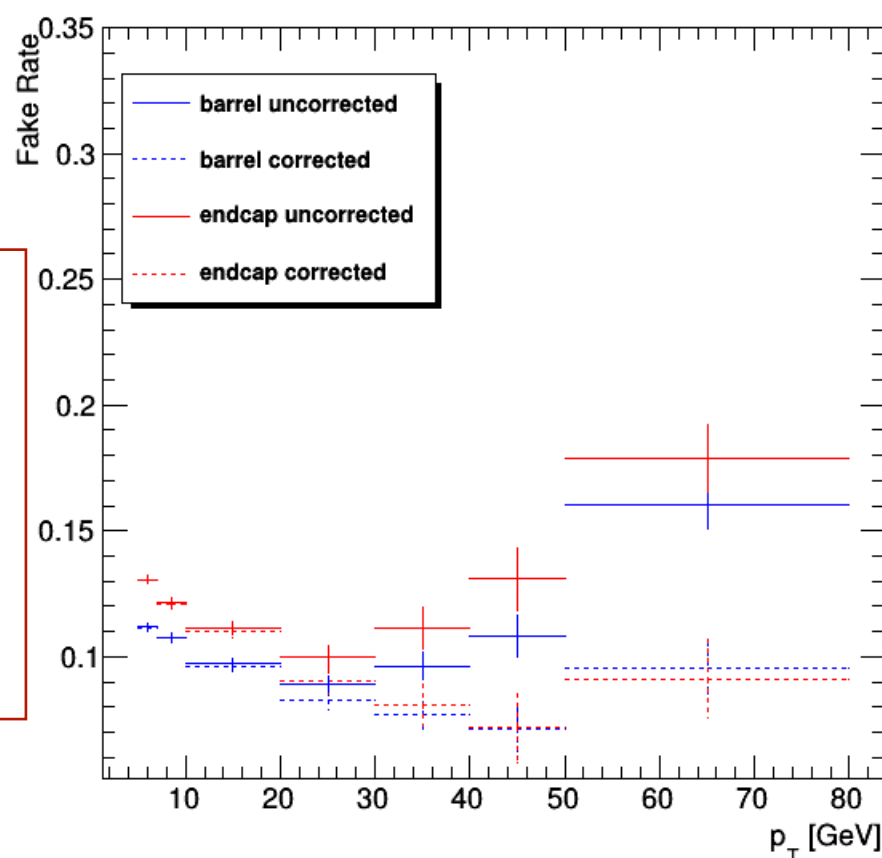


- Analisi basata sui dati del 2016 (circa 36 /fb a 13 TeV), 100% CMS Bologna
- Segue le precedenti pubblicazioni a 7 e 8 TeV
- Nonostante sia stato finale sfavorito (e.g. rispetto a $\tau\tau$), analisi competitiva grazie all'eccellente risoluzione in massa consentita dai muoni
- Risultati sia in scenari MSSM che model-independent
- Analisi di full-Run2 in corso, statistica 4x
- Allo studio tecniche di ML per discriminare segnale/fondo

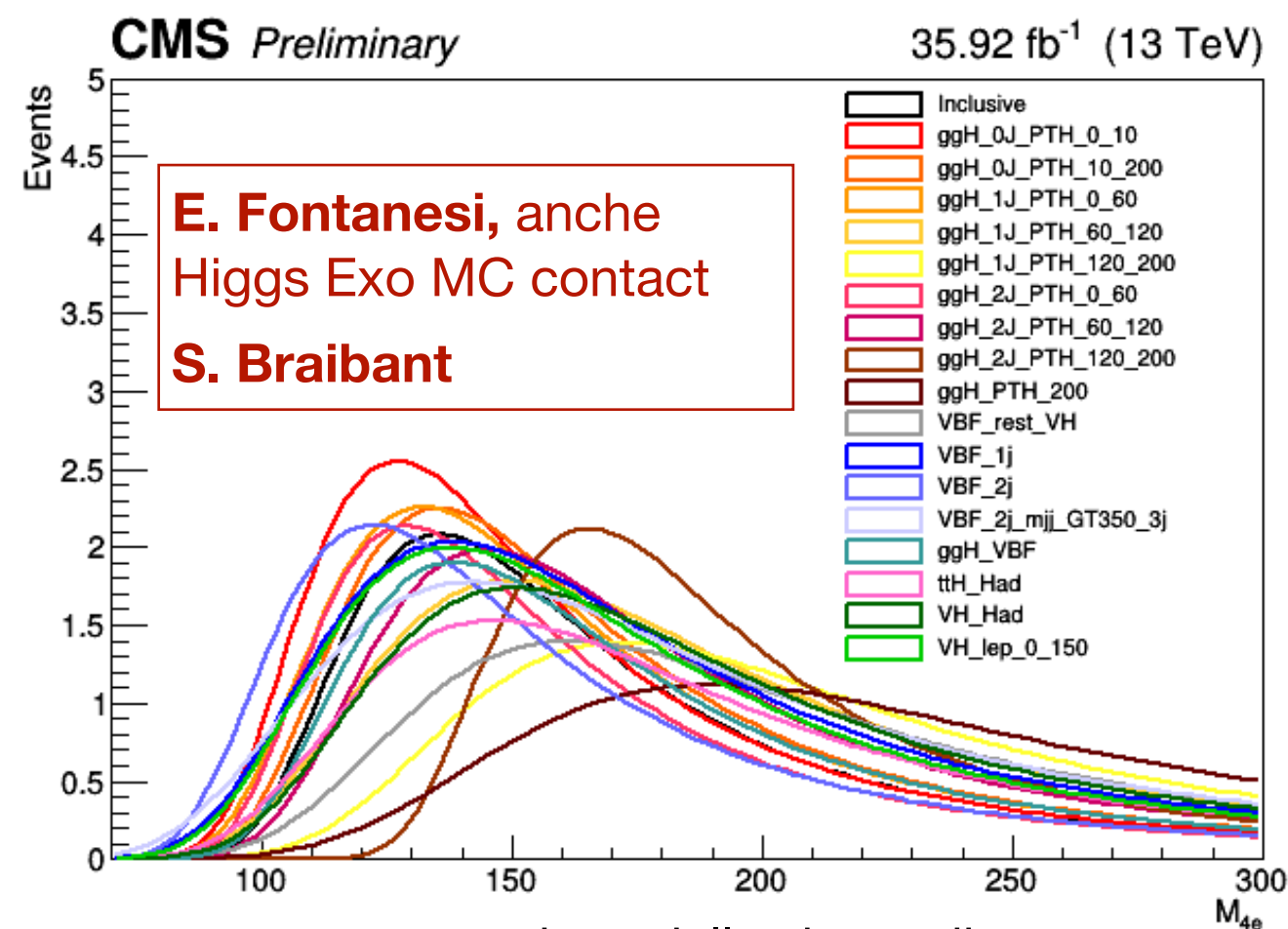
S. Marcellini
G. Masetti
F. Primavera
L. Lunerti (SM H)
(PhD stud.)



- “Golden channel”: elevato rapporto segnale/fondo (ottima risoluzione disponibile per muoni ed elettroni) $\Rightarrow$ ottimo per studiare le proprietà del bosone di Higgs
- Contributo di Bologna:
 - Studio dell’identificazione di jet e ottimizzazione per ogni periodo di presa dati
 - Studio dell’identificazione dei muoni mediante analisi multivariata
 - Studio del fondo riducibile Z+X: misura del fake rate, stima del fondo e modellizzazione



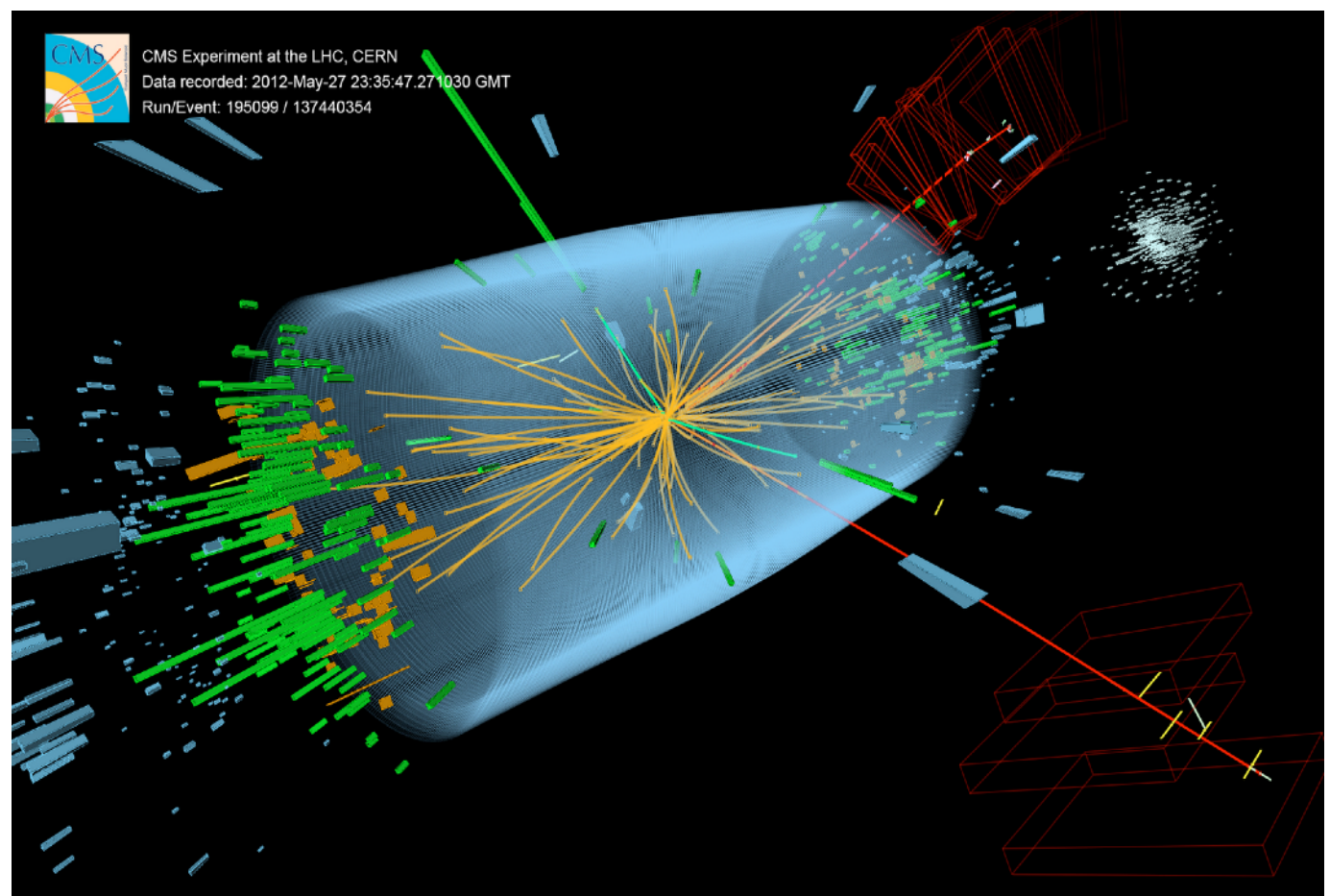
misura del fake rate vs p_T per i muoni



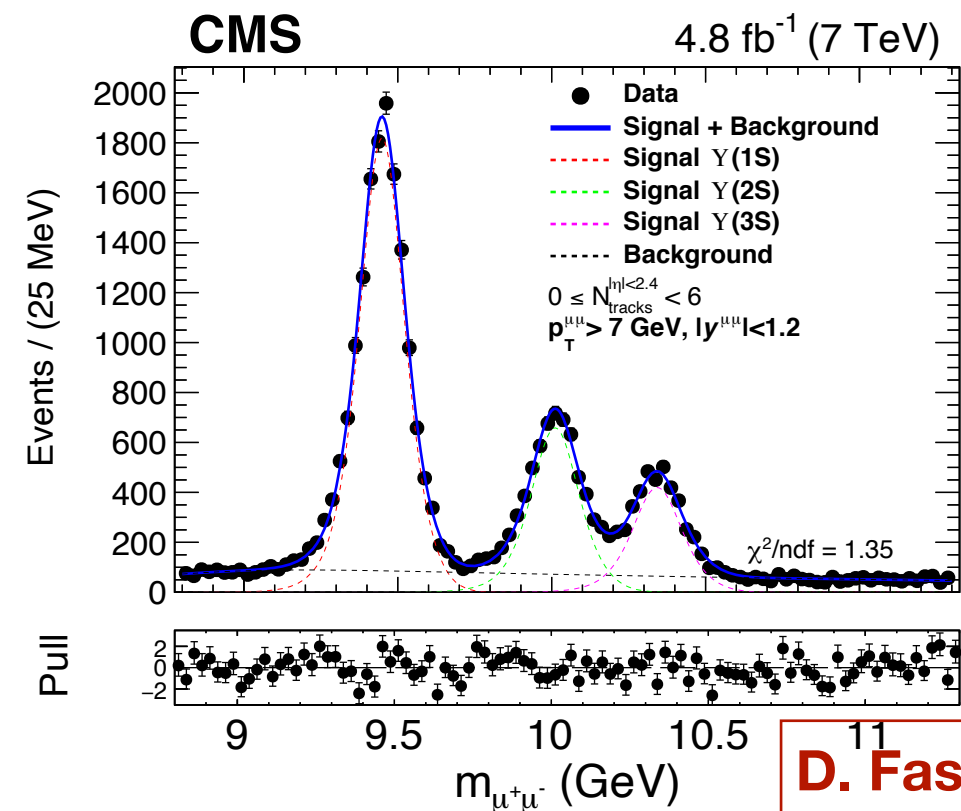
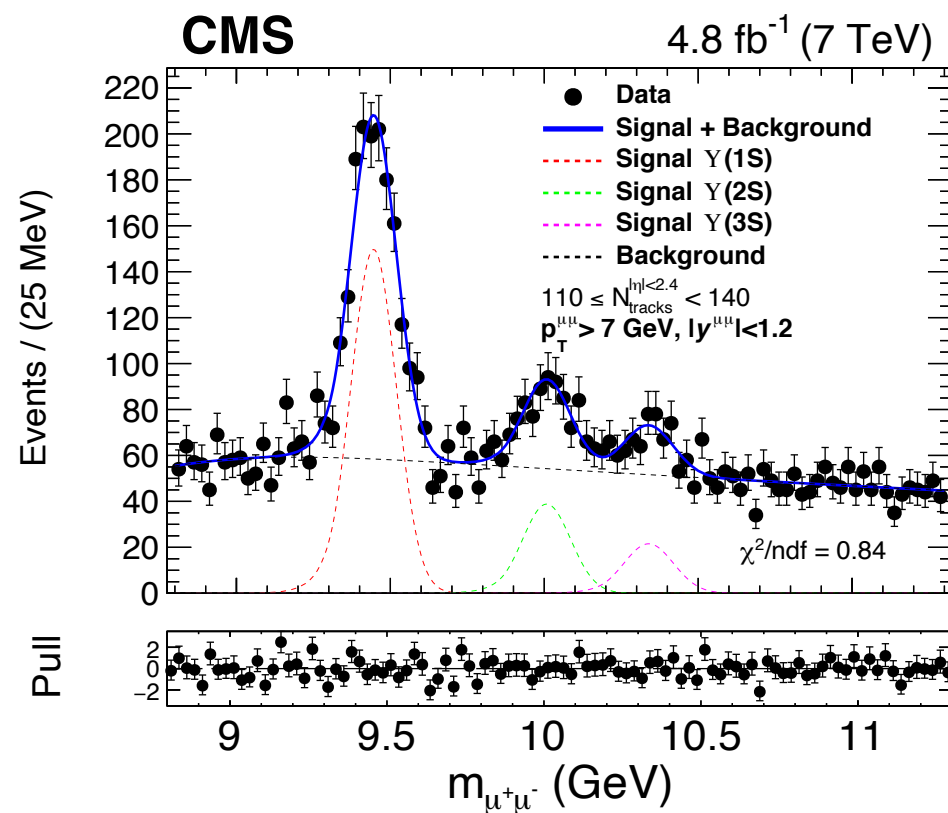
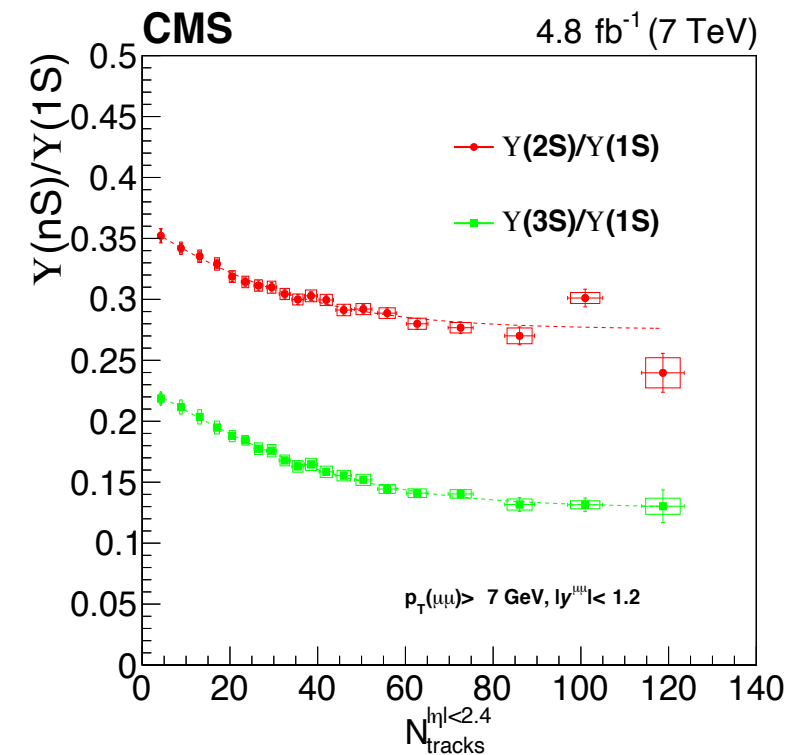
estrazione della shape di m_{4e}

- Goal: misura delle *signal strength* del bosone di Higgs nei vari stati finali e modi di produzione nel quadro delle Simplified Template Cross Section
- Lavoro in via di conclusione (pubblicazione entro pochi mesi)
- Prossimo passo: misura della larghezza dell'Higgs nello stato finale con quattro leptoni
- La larghezza SM è proporzionale al rapporto tra gli yield nelle regioni off-shell e on-shell
- È possibile ricavare indirettamente limiti sulla larghezza totale e sui parametri relativi ad accoppiamenti anomali HVV
 - Teoria: $\Gamma_H = 4.07 \text{ MeV}$
 - CMS: $\Gamma_H = 3.2^{+2.8}_{-2.2} \text{ MeV}$
- Risultato attuale al momento basato su una parte della luminosità totale disponibile

E. Fontanesi
S. Braibant

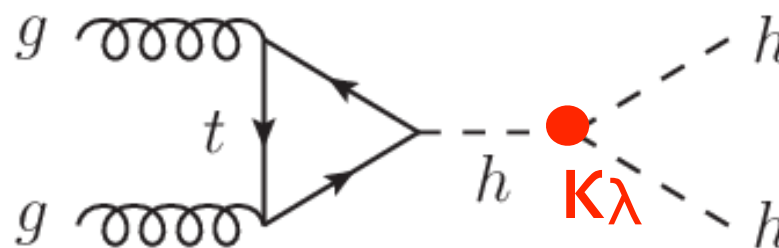
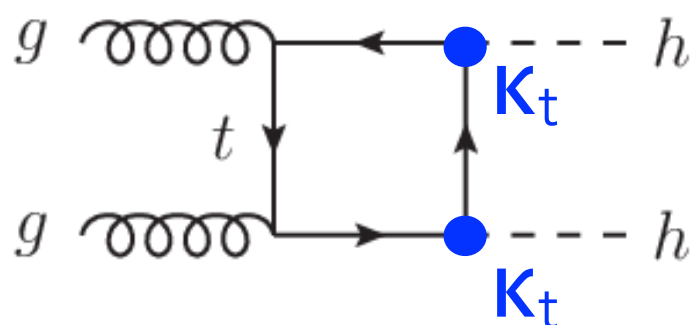


- Studio del legame fra la produzione dei diversi stati $Y(nS)$ in “Small Systems”
- Osservata la **diminuzione della sezione d'urto degli stati eccitati rispetto al ground state in funzione della molteplicità**
- Studio di **altri osservabili**, come il p_T medio, la sfericità e il numero di commoners
- Collaboration Wide Review finita in Dicembre



**D. Fasanella e
R. Campanini**

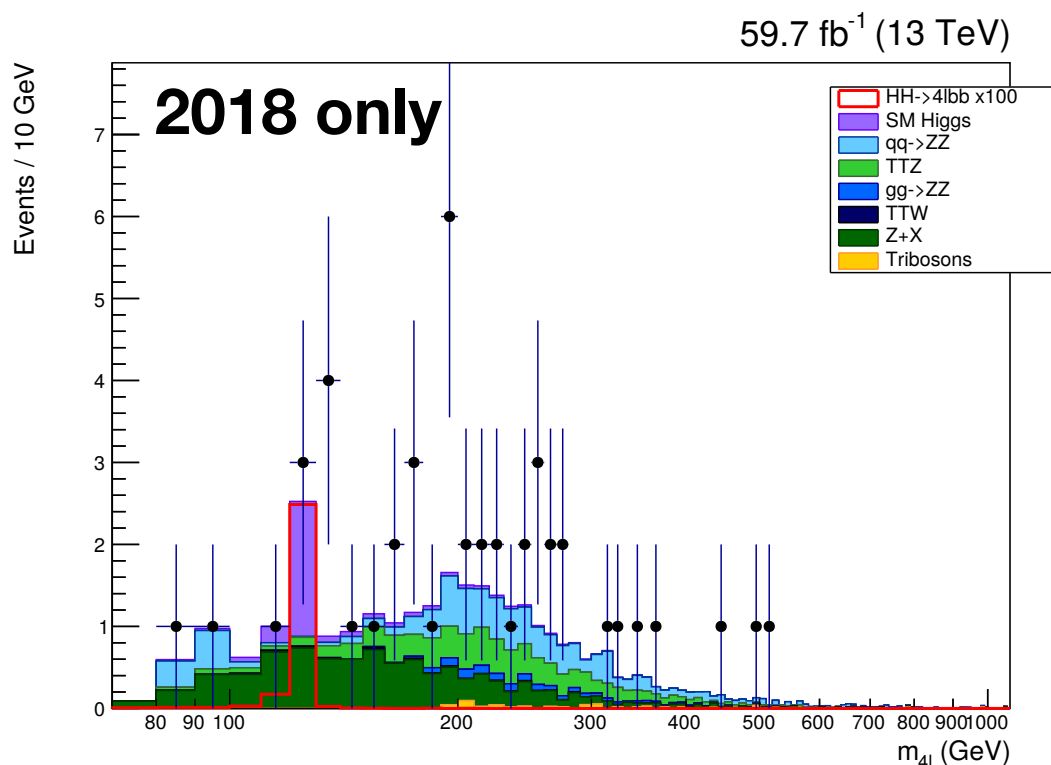
- Verifica diretta dell'auto-accoppiamento dell'Higgs del Modello Standard λ_{HHH}
- Meccanismo principale di produzione è **gluon-gluon fusion**, ma nel Modello Standard c'è interferenza distruttiva tra diagramma "box" e "triangolare": la sezione d'urto è molto piccola ($\sigma_{HH} \approx 31 \text{ fb}$ @ $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$)



$$\kappa_\lambda = \frac{\lambda_{HHH}}{\lambda_{HHH}^{SM}} = 1$$

Contributo di Bologna: 1) $HH \rightarrow ZZ(4\ell)bb$ decay channel with full Run 2 data

L. Borgonovi
S. Braibant



- $H \rightarrow bb$: decadimento più probabile dell'Higgs ($BR \approx 60\%$)
- $H \rightarrow ZZ(4\ell)$: segnatura pulita e completa ricostruzione dello stato finale ($BR = 0.0125\%$)

Risultato: signal significance e limite sulla sezione d'urto di produzione

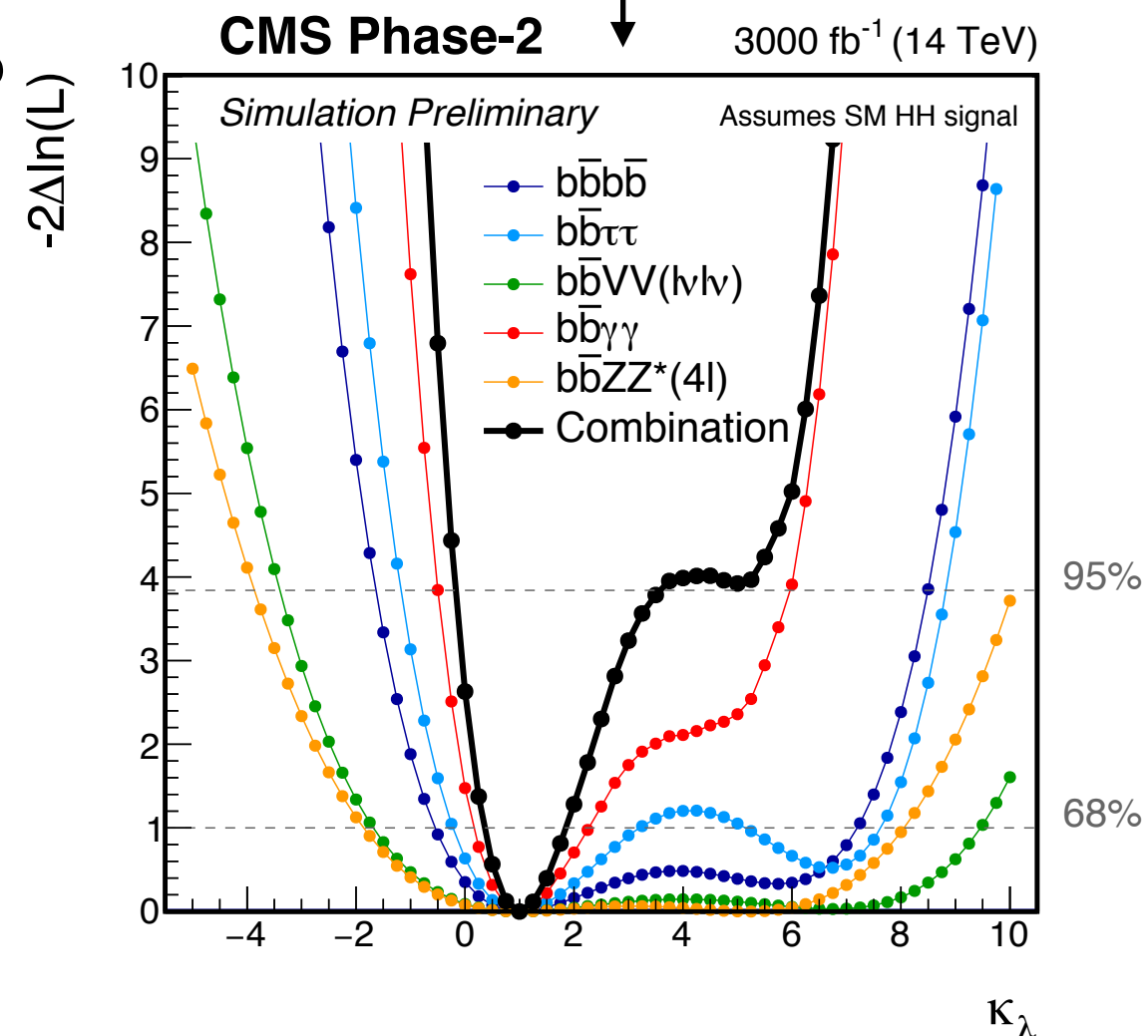
Analisi verso pre-approval
CADI line: HIG-20-004

Contributo di Bologna: 2) HH $\rightarrow$ ZZ(4 ℓ)bb decay channel for High Lumi LHC

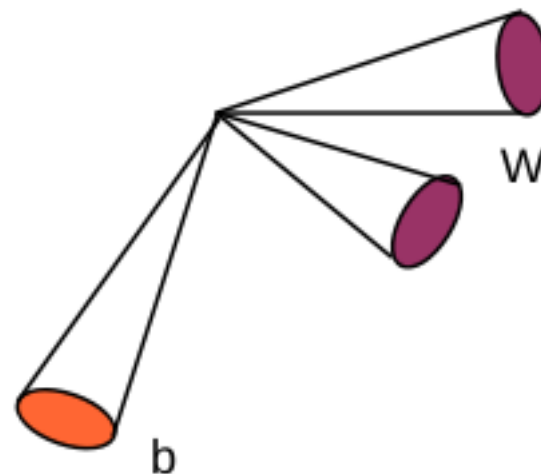
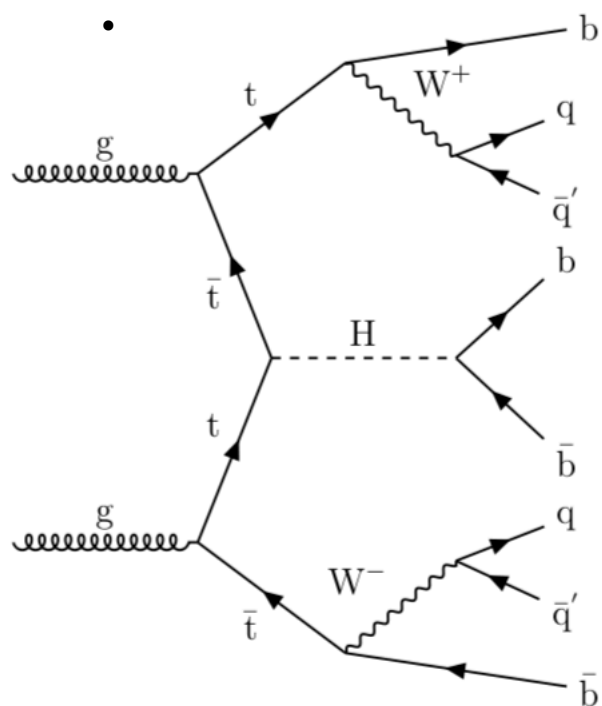
- Simulazione: utilizzo del framework Delphes per la simulazione parametrizzata del rivelatore CMS di Fase 2 (High Luminosity LHC)
- Obiettivo: signal significance, limite sulla sezione d'urto di produzione, e studio di processi BSM tramite variazioni del parametro κ_λ
- Combinazione con altri quattro canali di decadimento

Channel	Significance (σ)	
	Stat. + syst.	Stat. only
bbbb	0.95	1.2
bb $\tau\tau$	1.4	1.3
bbWW($\ell\nu\ell\nu$)	0.56	0.59
bb $\gamma\gamma$	1.8	1.8
4 ℓ bb	0.37	0.37
Combination	2.6	2.8

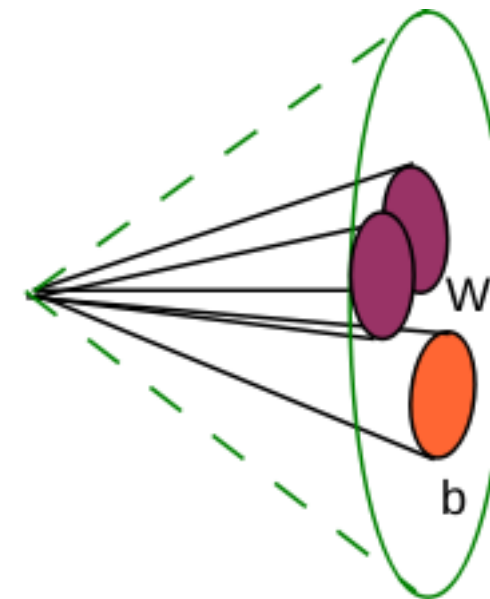
Risultati pubblicati nel CERN Yellow Report 2018



- Misura diretta del **coupling Higgs-top** - importante test del Modello Standard
- Il canale **“all-hadronic” favorito** in quanto quello più probabile (BR ~ 25 %)
- Stato finale composto da **8 jets, di cui 4 provenienti da b-quark**
- Interessati alla **topologia “boosted”**, complementare all’analisi “resolved”
 - Almeno un oggetto dello stato finale ha un grande boost di Lorentz
 $\Rightarrow$ è presente almeno un **“fat jet”**
 - **Diventa importante**, con l’aumento della luminosità integrata disponibile, per estendere la misura della sezione d’urto differenziale **ad alti momenti trasversi**
 - **Bologna** si occupa della sotto-analisi in cui $H \rightarrow b\bar{b}$ è **risolto**



jet “risolti”



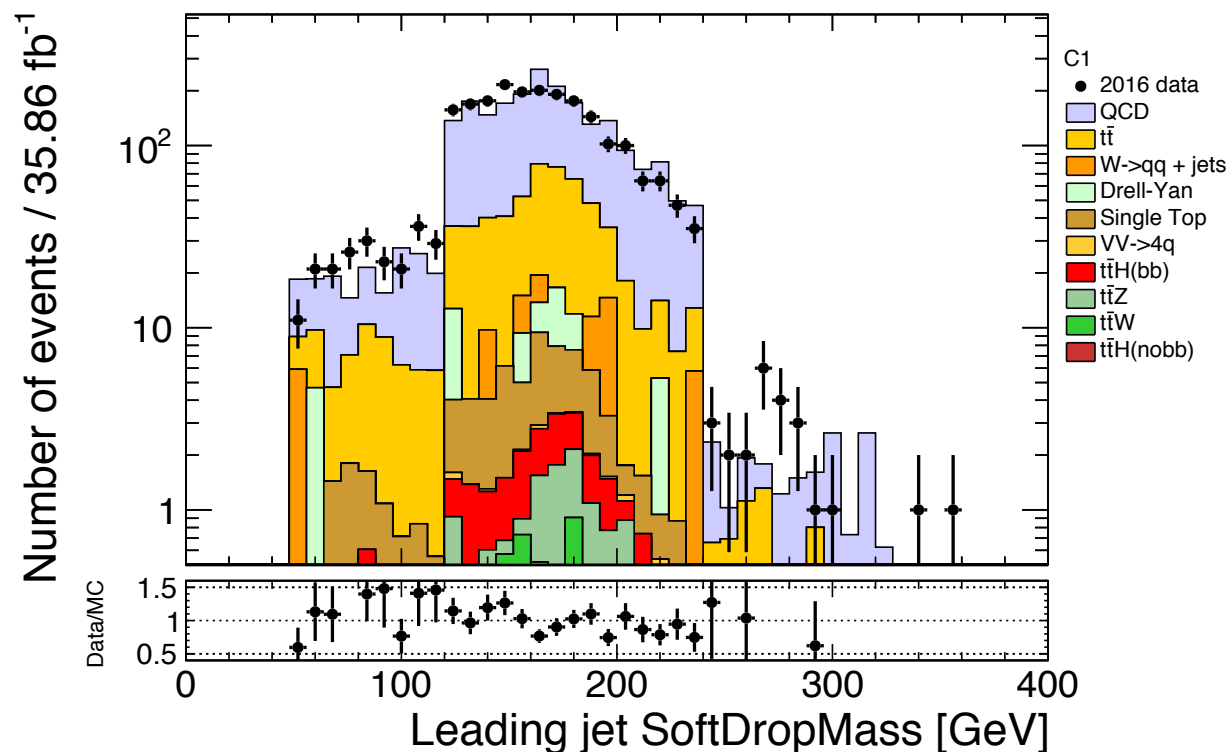
“fat jet”

F. Iemmi
(PhD stud.)
A. Castro

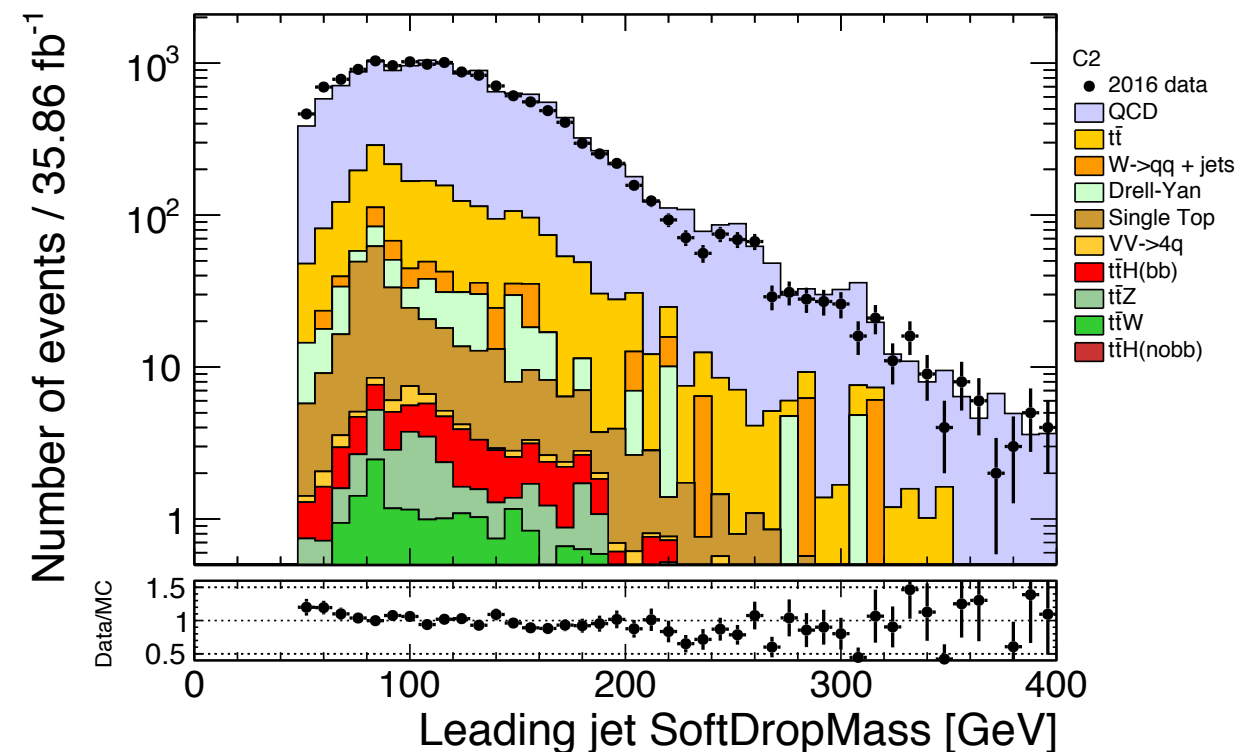
- Analisi al momento basata sul campione **dati del 2016** (35.9 fb^{-1})
- È presente almeno un “fat jet” (AK8) ricostruito
- **MVA per ID candidati**, sia fat jet (top, Higgs) che in stato finale risolto (Higgs)
- Categorie di segnale basate sul numero di jet AK8, jet AK4 e candidati top
- Stima del **fondo QCD con tecniche data-driven**
- Ottenuto un **limite superiore della signal strength**
- Ora al lavoro per la **stima dei sistematici**

F. Iemmi
A. Castro

cat1 : 2 AK8 jets, ≥ 1 top tag



cat2 : 2 AK8 jets, no top tag



Attività legate al rivelatore

- Drift Tubes: operations, technical coordination
- Rivelatori GEM per Fase2

Attività offline & software

- Analisi e monitoring delle prestazioni del rivelatore DT
- Ricostruzione offline di CMS
- Ricostruzione dei muoni

Computing

- Attività in CMS, WLCG e locali
- Machine Learning/Deep Learning
- Sinergie in sezione

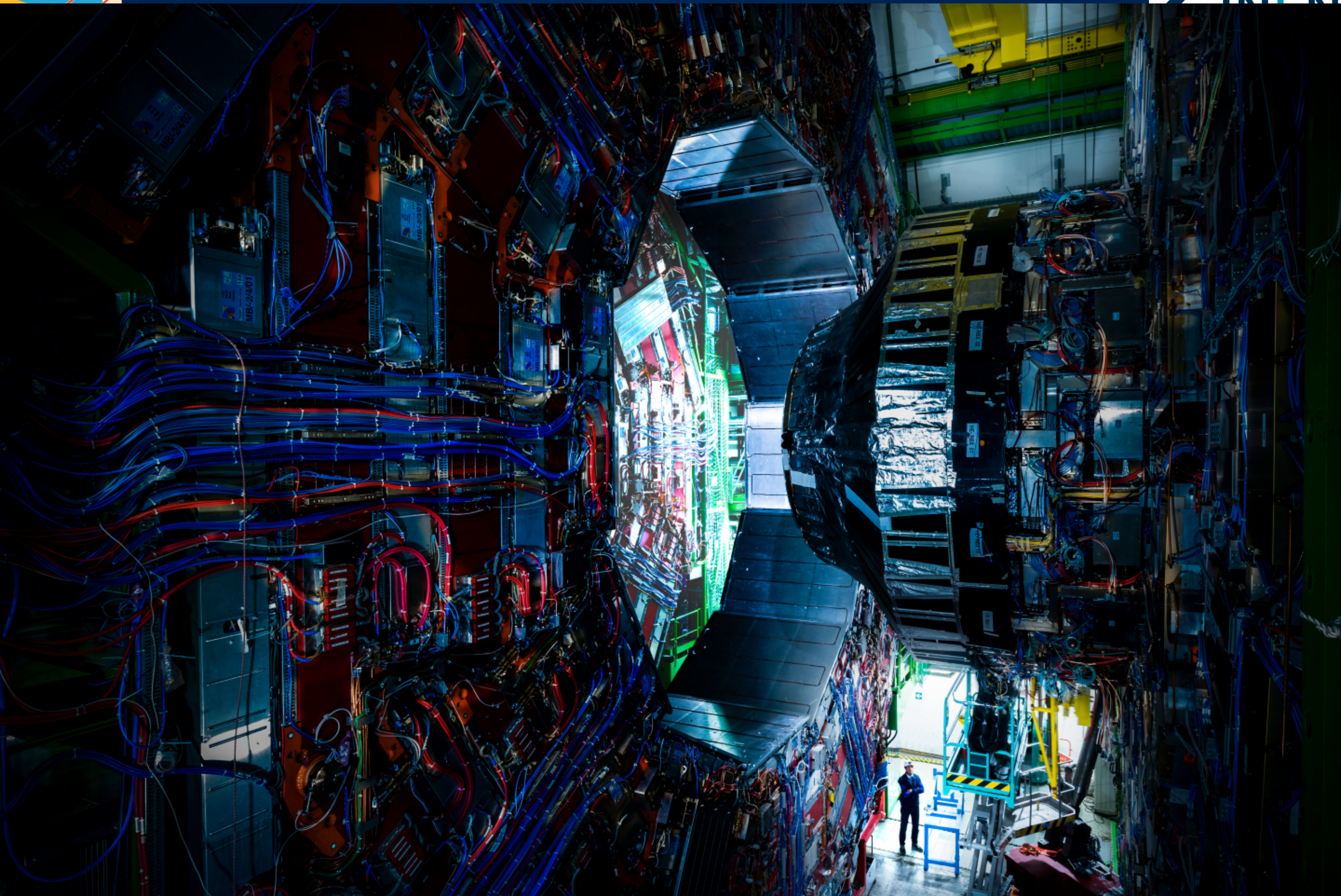
Upgrade di “Fase 2” (per HL-LHC)

- Detector
- Offline
- Computing

Analisi

- MSSM $H \rightarrow 2\mu$
- SM Higgs total width
- ttH boosted-fully-hadronic
- double Higgs production
- produzione di $Y(nS)$ in funzione della molteplicità

Grazie per l'attenzione!



- Le RPC di CMS usano una miscela di **gas contenente fluoro** ($C_2H_2F_4 + 0.3\% SF_6$) che ne garantisce la longevità e le performance
- **Gas responsabili dell'effetto serra (GHG)**
- Il CERN ha stabilito di **ridurre le emissioni** di GHG al 70% dei livelli del 2016 in Run3 e al 30% in Run5
- Necessità di installare un sistema di recupero e riciclaggio del gas, ma **le RPC nel barrel avevano in Run2 un leak rate di 900 l/h**
 - Necessità di **riparare** il maggior numero possibile di **leaks** per non disconnettere una significativa parte del rivelatore
 - La sorgente dei leak identificata principalmente in una specifica partita di tubi del gas che si sono deteriorati in modo non conforme
- **Sviluppata una procedura che richiede**
 - **Estrazione parziale della stazione RPC+DT**
 - **taglio del profilo delle RPC per accedere al leak e ripararlo**
- Grande intervento in LS2 dalle comunità DT e RPC per **scablare, estrarre, riparare, ricablare ed effettuare il commissioning di 45 stazioni**
 - Interventi localizzati nelle ruote negative
 - riparato il 65% dei leaks



Estrazione delle camere



Riparazione



Cut of the C profile

Trigger/HLT/DAQ

- Track information in L1-Trigger
- L1-Trigger: 12.5 ms latency – output 750 kHz
- HLT output 7.5 kHz

New Endcap Calorimeters

- Rad. tolerant – high granularity
- 3D capable

New Tracker

- Rad. tolerant – high granularity – significant less material
- 40 MHz selective readout ($p_T > 2$ GeV) in Outer Tracker for L1 -Trigger
- Extended coverage to $h=4$

MIP Precision Timing Detector

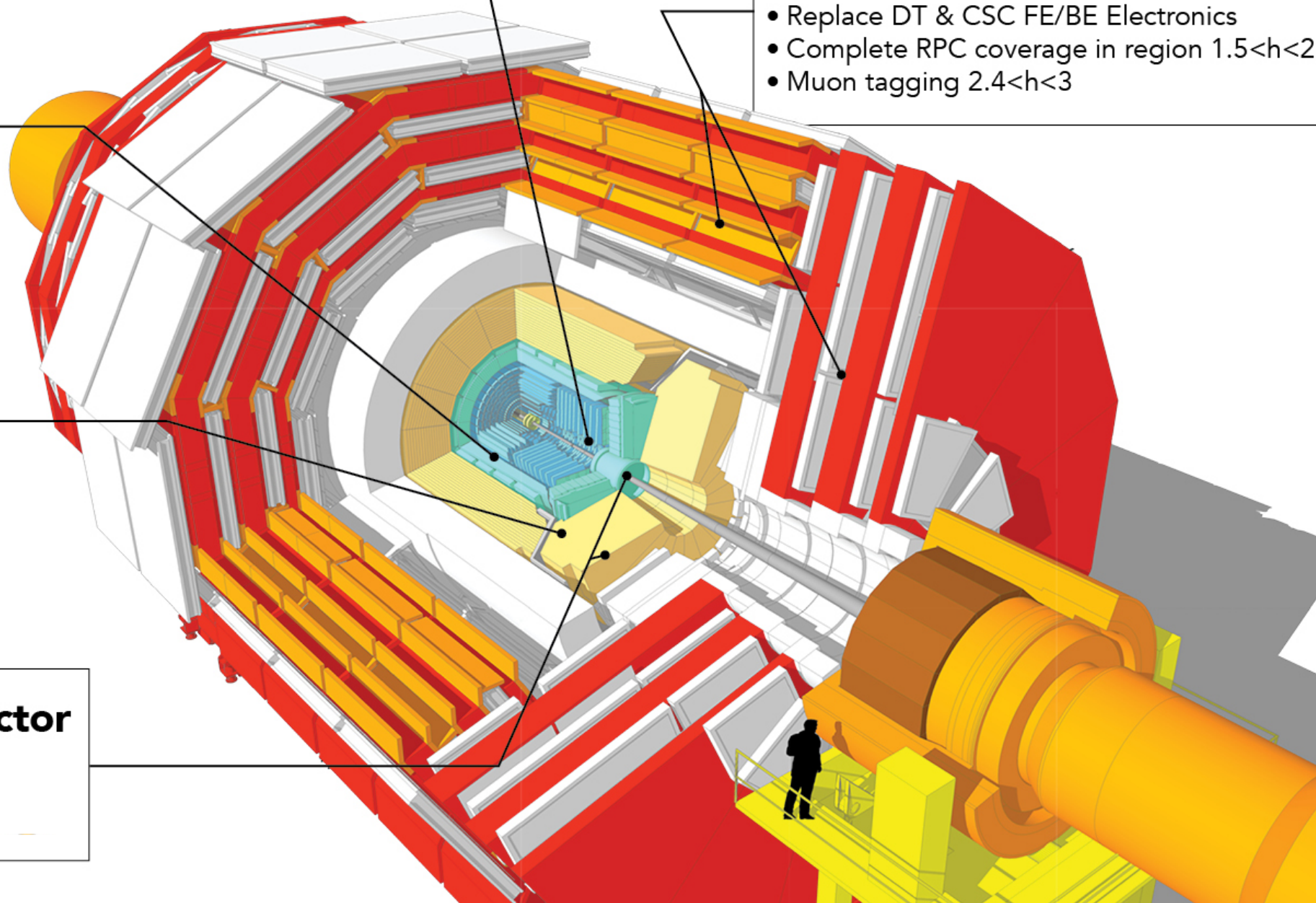
- Barrel: Crystal +SiPM
- Endcap: Low Gain Avalanche Diodes

Barrel ECAL/HCAL

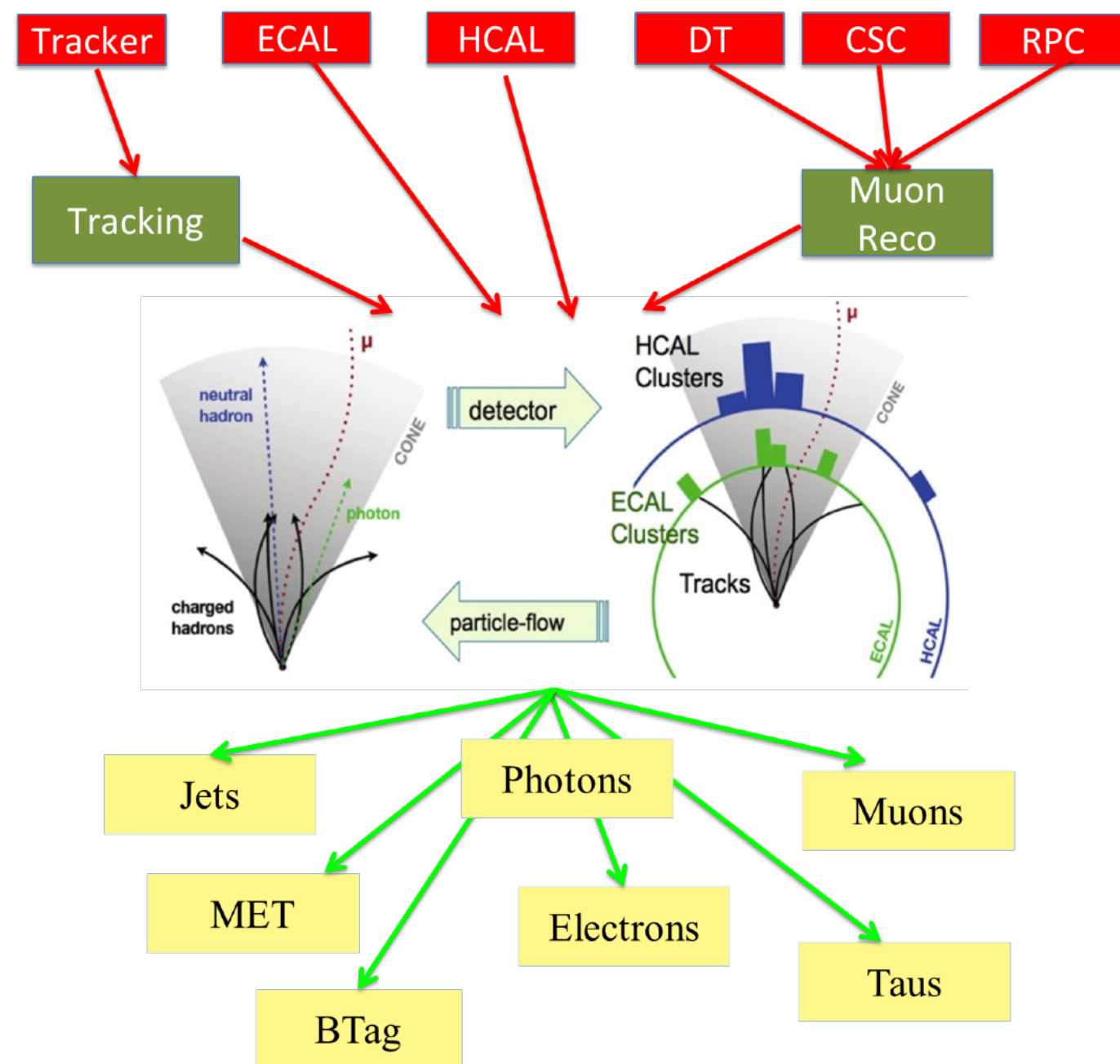
- Replace FE/BE electronics
- Lower ECAL operating temp. (8 °C)

Muon Systems

- Replace DT & CSC FE/BE Electronics
- Complete RPC coverage in region $1.5 < h < 2.4$
- Muon tagging $2.4 < h < 3$



- Aggiunte incrementali rispetto a Run2 per gli oggetti di alto livello:
 - Ristrutturazione del Particle Flow
 - Uso della maggiore **segmentazione di HCAL** nel Particle Flow
 - Miglior trattamento dei problemi in **ECal endcap**
 - **Timing optimization** dei moduli che richiedono un uso intensivo della CPU
- Aggiornamento dei formati dei dati
 - Adattamenti necessari per le **modifiche al detector**, e per andare incontro alle **richieste delle analisi**
 - Pulizia e **riduzione dello spazio occupato** per salvare i dati in formato AOD o miniAOD
 - In futuro, un uso sempre più intenso dei **nanoAOD**

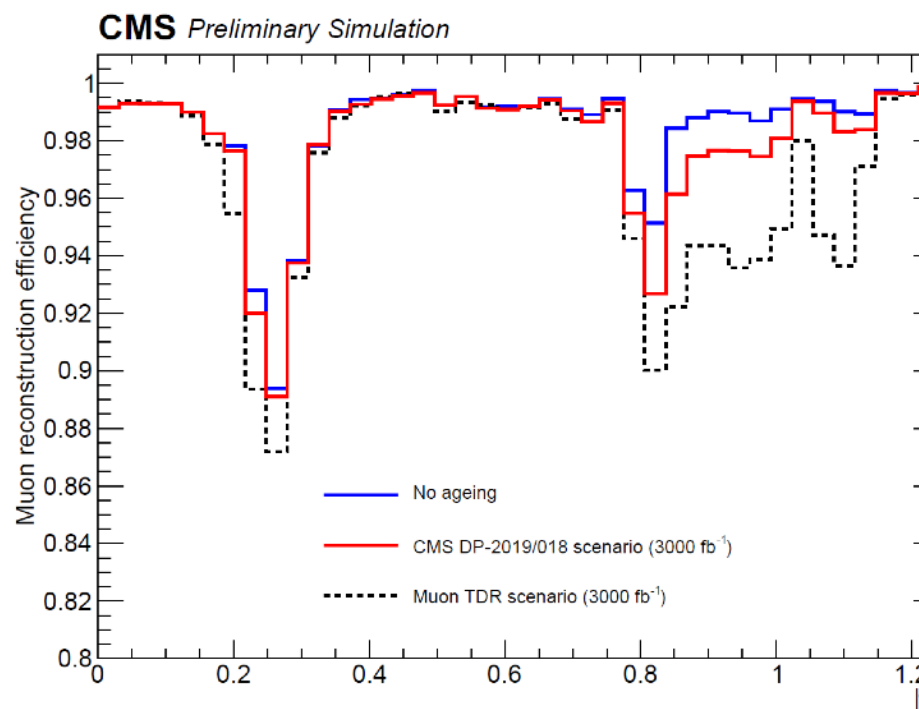
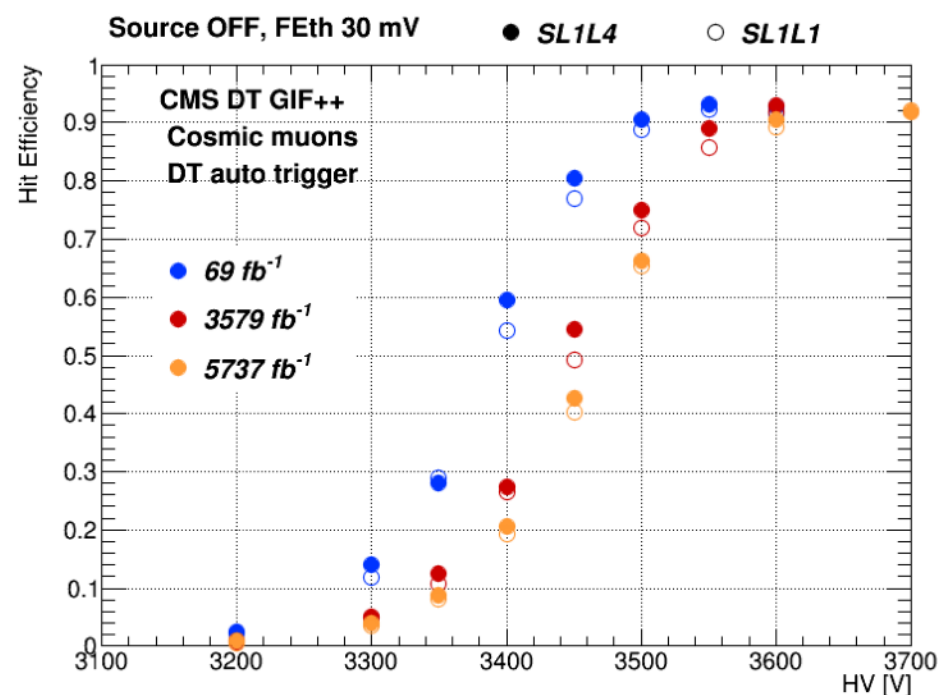
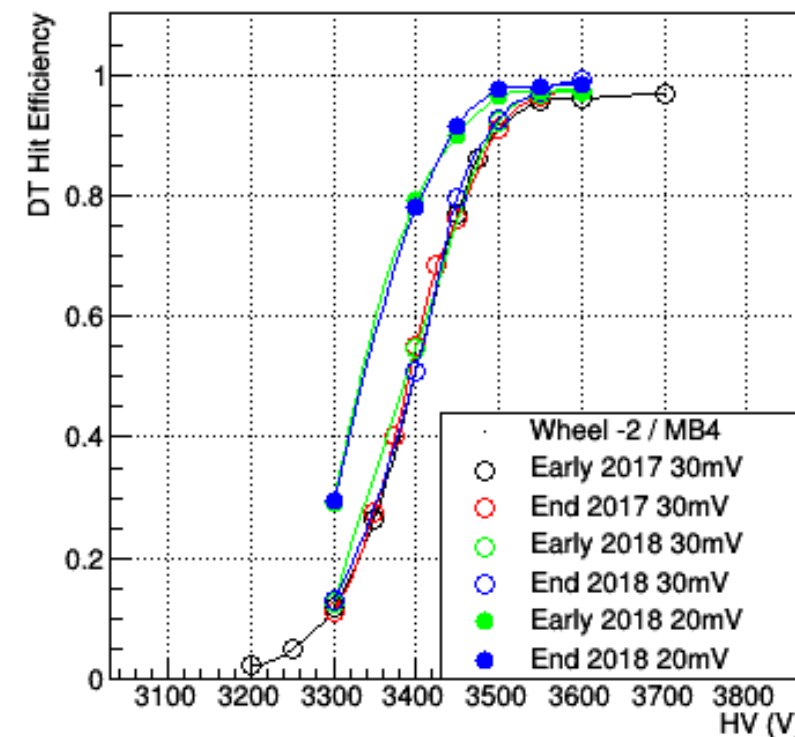


A. Perrotta è convener di Offline Reconstruction

Non è stato osservato alcun segno di invecchiamento in CMS, fino alla fine di Run 2

Dal 2015 irraggiamo una **camera DT alla GIF++**, (invecchiamento accelerato). La **perdita di efficienza** per singolo hit diventa visibile per un **irraggiamento corrispondente alla fine di Run 4**. Simulando le inefficienze, si può verificare che **l'efficienza di ricostruzione dei muoni sarà comunque buona**, grazie alla ridondanza del sistema.

CMS Preliminary. Cosmic Data.



**F. Cavallo /
C. Battilana**

(sia CMS che WLCG)

Bologna rappresentata in attività di alto profilo nel calcolo CMS

- Coordinamento di Computing Challenges verso LHC: **D. Bonacorsi**
- CMS Software/Computing - deputy coord (4 yrs) + coord (2 yrs): **D. Bonacorsi**
- CMS Computing Resource Board chair: **D. Bonacorsi**

Attività di integrazione risorse eterogenee con interfacce Cloud

- “Dynamic Resource Provisioning” - coordinatore **C. Grandi**

A livello locale: risorsa di calcolo “Tier-3” con user interfaces ATLAS, CMS, FOOT, LHCb (372 TB data, 14 TB users home, HTCondor 360 CPUs)

- **A. Fanfani** - con supporto CCL (**P. Calligola**, **P. Veronesi**)

Su queste responsabilità “storiche” si innesta il lavoro attuale

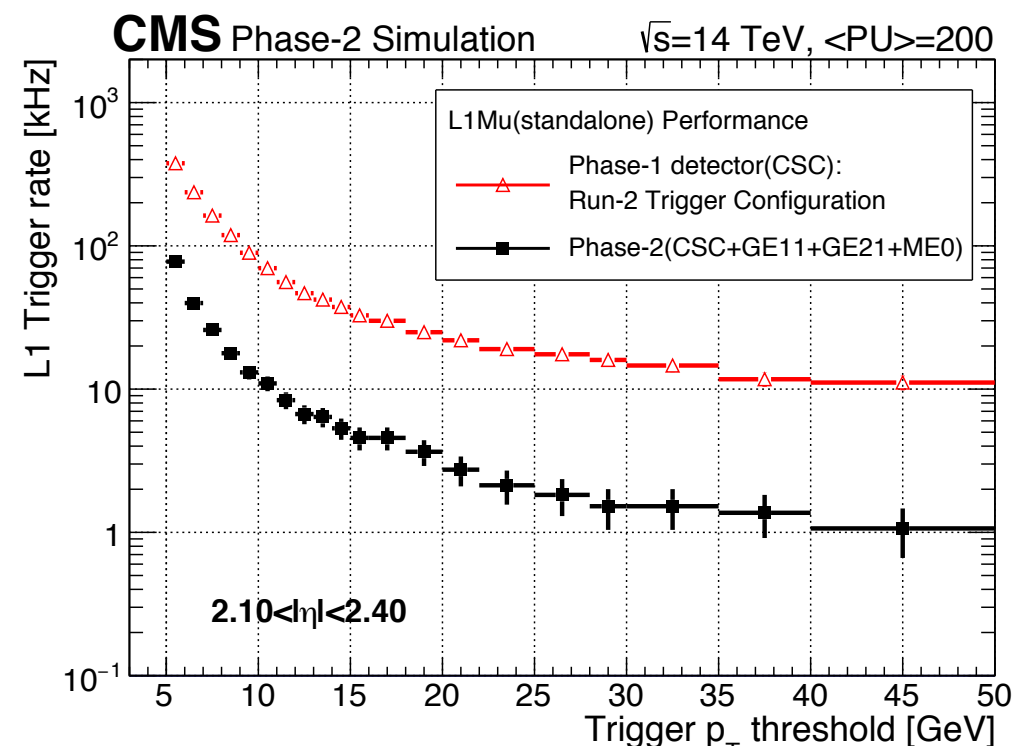
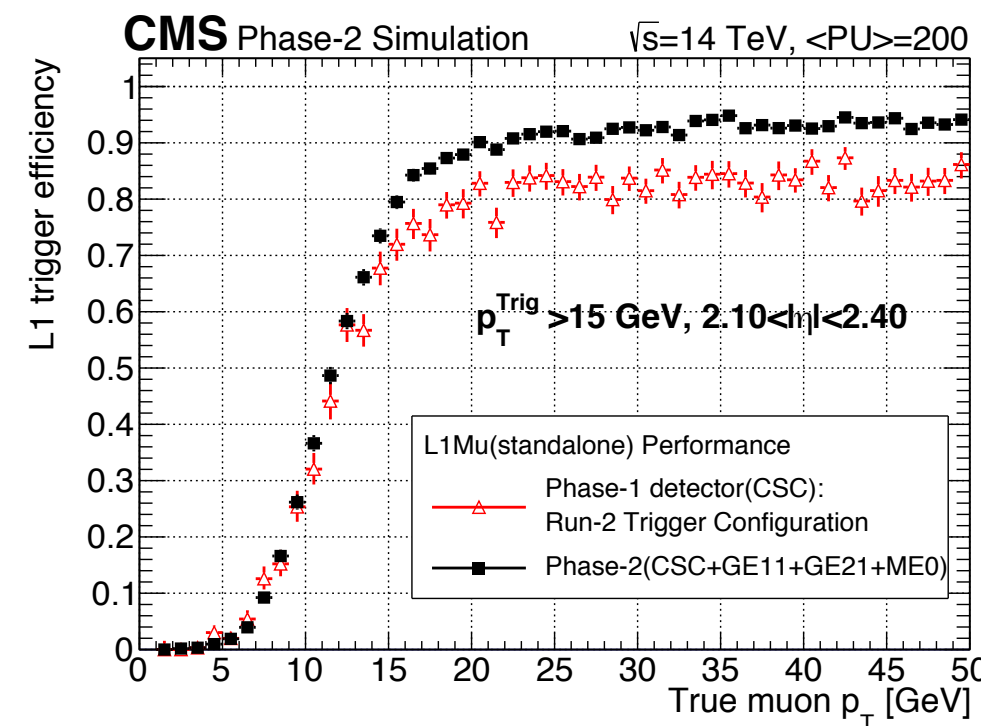
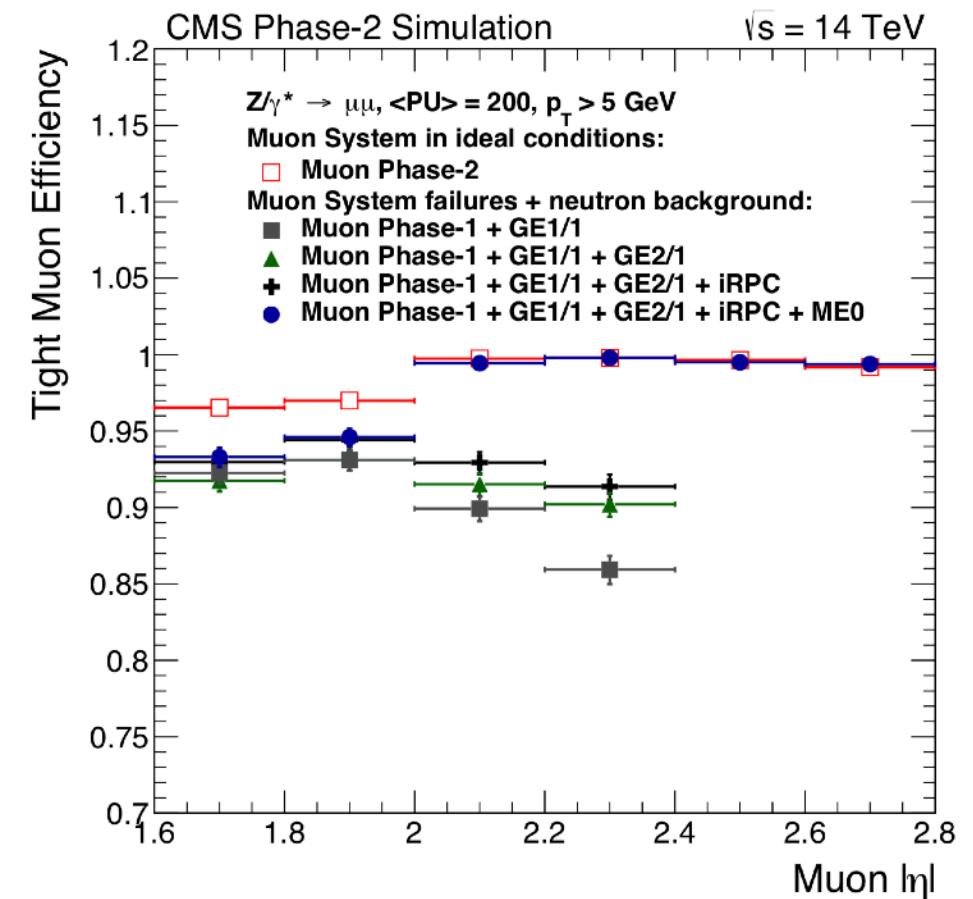
Didattica / Training / Scuole

- **Corso** “Software/Computing for Nuclear and Subnuclear Physics” (LM Physics)
- **Corso** “Applied Machine Learning” (PhD Data Science + LM Bioinformatics)
- **Training** annuale “Machine Learning per personale INFN” - Camogli (prima ed. 2019)
- **Scuola** internazionale “School on Open Science Cloud” (SOSC - prima ed. 2017)
- **Scuola** “Physics Sensors and Processing/Computing” (Scuola DIFA)

Forte coinvolgimento di studenti nel gruppo CMS-Bologna

- **a vari livelli:** L, LM, Physics PhD, di recente anche Data Science PhD
- ~20 tesi su temi di Software/Computing nel gruppo, **~10 negli ultimi 3 anni**

- GE2/1: 72 camere in due layer
 - 4 triple-GEM per camera
- ME0: 36 camere installate dietro il nuovo calorimetro endcap
 - 6 triple-GEM in “stack” in ogni camera
- **Grosso impatto sulle prestazioni di trigger e ricostruzione**



P. Giacomelli: GEM IB Chair

F. Cavallo: GEM Upgrade Physics Coordinator

L. Guiducci: editor di Trigger & Reconstruction Performance nel CMS Phase2 Muon TDR