



Validazione e Certificazione delle Camere RPC-BI per l'upgrade di fase 2 di ATLAS

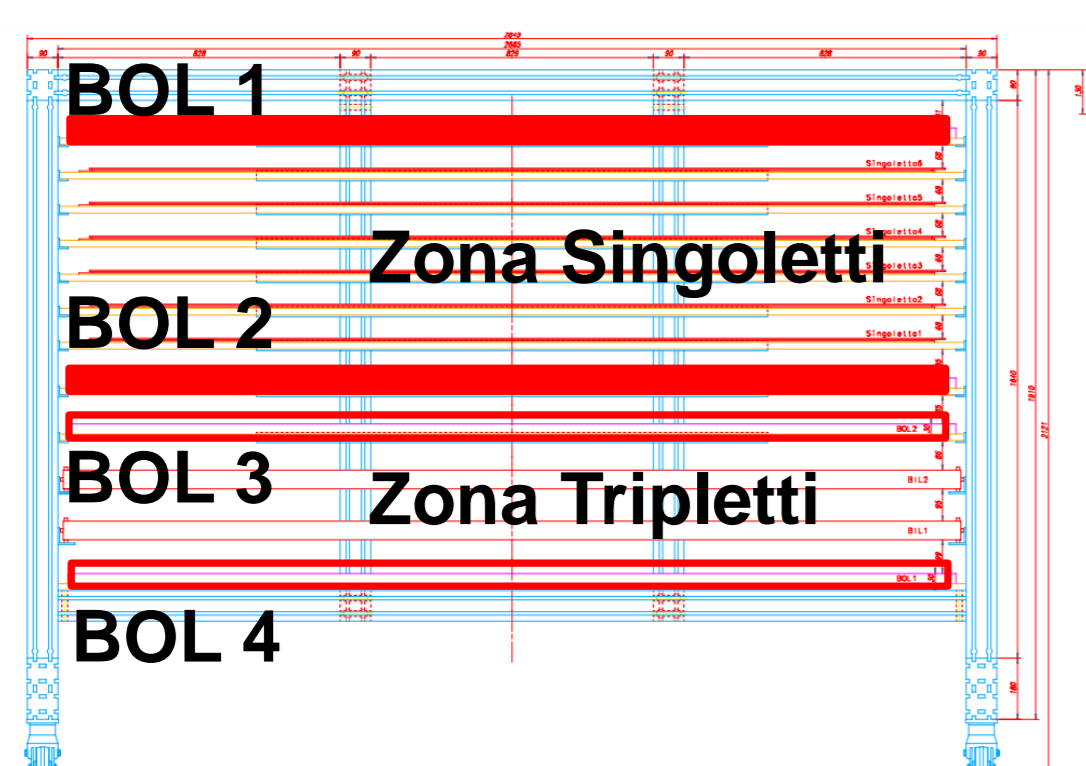
Eric Ballabene^[1], Alessia Bruni^[1], Antonio Chiarini^[1], Luigi Distante^[4], Gregorio Falsetti^[2], Barbara Liberti^[4], Alessandro Pelosi^[3], Alessandro Polini^[1], Alessandro Rocchi^[4], Marco Schioppa^[2], Marco Sessa^[4], Marco Vanadia^[4]
[1] INFN Bologna
[2] INFN Cosenza and University of Calabria (Italy)
[3] INFN Roma1
[4] INFN Roma2

ABSTRACT

L'esperimento ATLAS ha iniziato la realizzazione di uno strato di camere RPC (Resistive Plate Chambers) da inserire, nel lungo shutdown LS3 (2026-2029), sopra le camere di tracciamento MDT dello strato più interno del barrel dello spettrometro per muoni. Questi nuovi rivelatori parteciperanno, insieme alle altre camere RPC già presenti nello spettrometro, alla selezione (trigger) in tempi molto brevi di particelle cariche in piccoli intervalli di impulso. Le camere RPC saranno formate da un triplo strato di rivelatori che alla luminosità di High Luminosity LHC avranno efficienza di rivelazione del 80% per singolo layer (99.2% per camera), una risoluzione temporale migliore di 400 ps e una risoluzione spaziale migliore di 6 mm nella direzione η e di 15 mm nella direzione ϕ . La realizzazione dei rivelatori RPC nei settori Large (RPC-BIL), opera di un lavoro congiunto dei gruppi INFN Roma1, Roma2, Bologna e Cosenza, è iniziata a giugno 2023 e si protrarrà sino all'inizio di LS3 previsto per il 2026. L'assemblaggio delle 130 camere RPC-BIL sarà svolta presso i laboratori del CERN. Ciascuna fase dell'assemblaggio è seguita da test di qualità. In particolare i singoli rivelatori di ciascuna camera (singoletti) vengono inseriti in una stazione di test traccianti per raggi cosmici. La stazione consente di misurare l'efficienza di rivelazione punto per punto e della percentuale di streamer in funzione della tensione di lavoro. Le camere di trigger della stazione sono i rivelatori RPC di ATLAS. La torre quindi integra sia il sistema esistente di ATLAS che i rivelatori di fase 1 e fase 2, e si pone sia come sistema di validazione dei singoli rivelatori e delle camere complete che sistema di studio per l'integrazione delle due tecnologie. In questa lavoro vengono presentati i primi risultati e le potenzialità di questo sistema di test.

MOTIVAZIONI

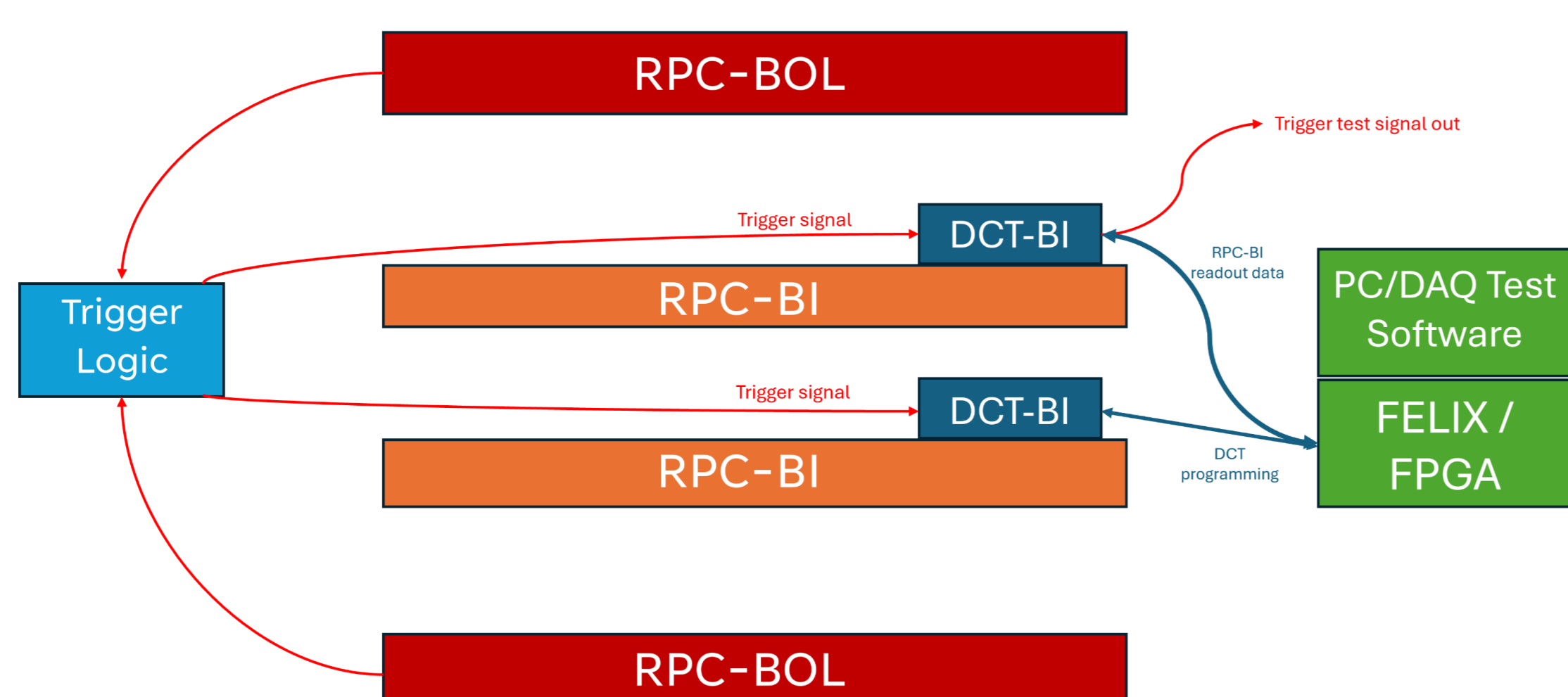
- Le camere RPC-BI in costruzione sono composte da tre volume di gas ciascuno chiuso tra due piani di strip per la lettura dei segnali prodotto nel gas dal passaggio di una particella ionizzante. Questa struttura è chiamata tripletto e ciascun volume di gas è chiamato singoletto.
- Il sistema di test costruito presso i laboratori del CERN a Ginevra ha la finalità di certificare e validare tutti i singoletti e tripletti che compongono le camere RPC prodotte dalla comunità italiana per l'upgrade di fase 2, per un totale di circa 100 tripletti (300 singoletti) per gli RPC-BI e 40 tripletti (120 singoletti) di RPC BOM/BOR.
- I test prevedono la misura dell'efficienza di rivelazione, la curva volt-amperometrica, il rate di streamer e la tomografia del singoletto/camera.



- La torre di test ha 6 ripiani per alloggiare singoletti e 2 per le camere complete. Il trigger è composto da quattro singoletti RPC-BOL, gli stessi montati in ATLAS.
- La torre di test consentirà inoltre il test di integrazione della nuova elettronica di lettura (DCT) con le camere RPC BM/BO già presenti in ATLAS. Il Sistema includerà dunque 3 DCT-BI per la lettura di 6 singoletti e 3 tripletti RPC-BI e 1 DCT-BM/BO per la lettura dei quattro RPC-BOL di trigger.

STRUTTURA E LOGICA DI TRIGGER

- Il trigger è composto da quattro camere RPC-BOL ciascuna delle quali fornisce il punto $P(x, y)$ in cui una particella carica l'ha attraversata. Gli eventi di trigger sono quelli con quattro punti allineati in una finestra temporale di poche decine di nanosecondi. Sul lato lungo della camera sono presenti 10 schede di elettronica di front-end (FE) per leggere 80 strips, mentre sul lato corto 4 schede di FE per leggere 24 strips.
- I segnali in uscita dai FE degli RPC-BOL sono mandati a un ricevitore TTL e da qui passano al discriminatore. Il segnale discriminato viene inviato agli ingressi di una Trigger Logic Unit della CAEN la quale, grazie alla FPGA incorporata, consente di creare fino a 130 configurazioni topologiche di trigger.
- Il segnale di trigger è ottenuto dalla coincidenza (AND logico) tra le camere BOL: per ciascuna camera viene effettuato l'AND tra gli OR logici dei 4 FE sul lato corto e gli OR dei 10 FE sul lato lungo; il risultato di questa operazione viene messo in AND con quella delle altre camere.
- Tutte le strip sono collegate ad un TDC.
- Il segnale di trigger sarà poi mandato al DCT-BI per acquisire il segnale dalla camera RPC-BI in test (Trigger test signal out). La programmazione e la lettura dei dati dal DCT-BI avverrà poi nel sistema di DAQ.



TEST DI UNA CAMERA RPC-BIS

- Il primo test è stato condotto con una camera RPC-BIS equipaggiata con l'elettronica attualmente in uso sulle camere di fase 1 RPC-BIS78.
- Le camere BIS78 hanno una gap da 1mm e la lettura del segnale dai due lati corti della camera, denominati ai fini del test con i nomi lato HV e lato I. La coordinata così misurata è quella η , mentre la coordinata ϕ si ottiene dalla differenza di tempo di arrivo del segnale all'elettronica sui due lati opposti.



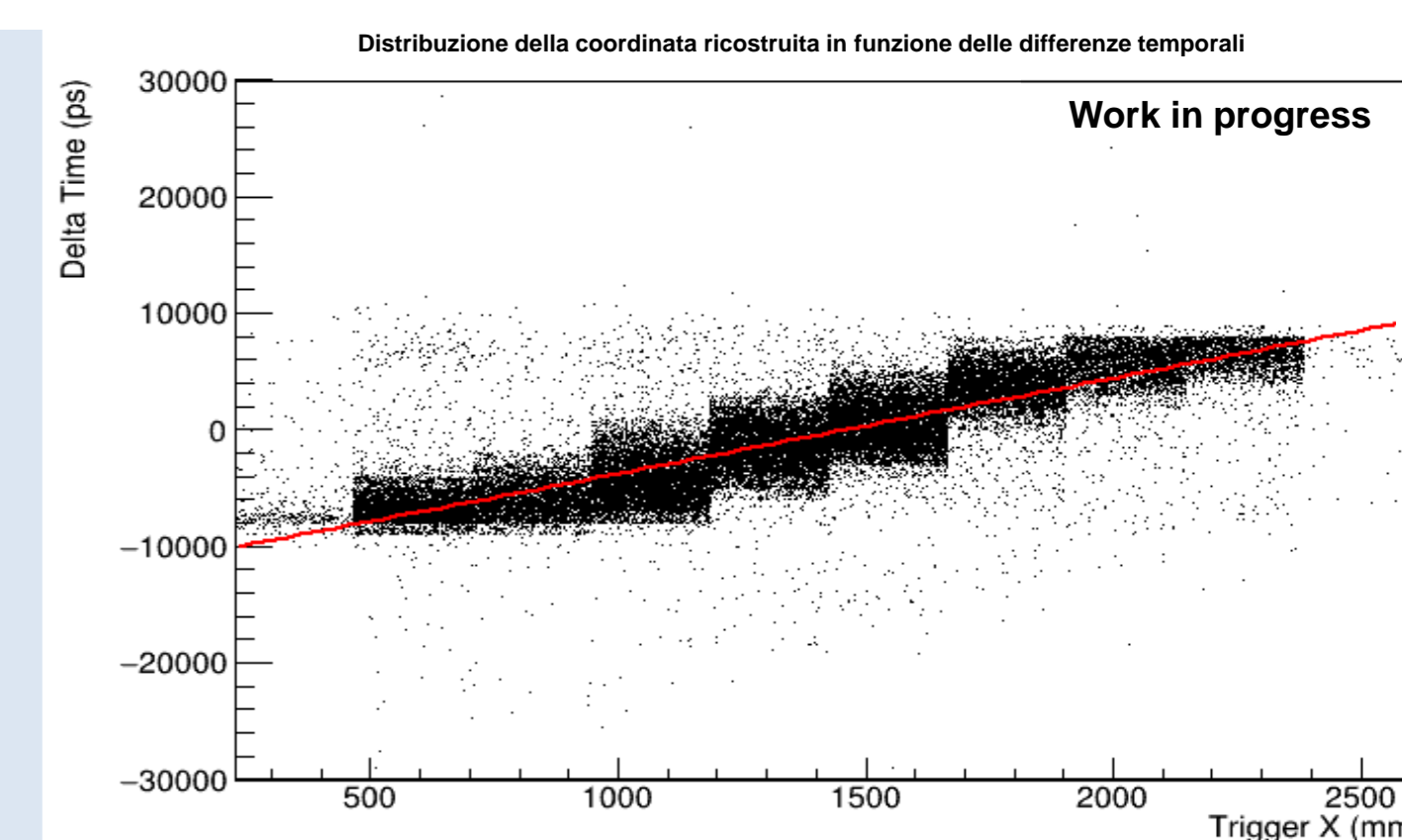
Lato I

Lato HV

- Utilizzando due camera BOL per il trigger, acquisiamo i segnali provenienti dai due FE al centro della BIS direttamente attraverso il TDC.

TRACKING E ANALISI DATI

- Sono stati acquisiti 2 milioni di eventi e con questi è stato possibile realizzare i primi programmi per il tracciamento e l'analisi dei dati.
- Sono stati selezionati solo eventi definiti "golden", cioè eventi con esattamente 4 segnali, uno per ogni coordinata del trigger.
- Sono state selezionate solo tracce diritte nella coordinata del trigger ϕ .

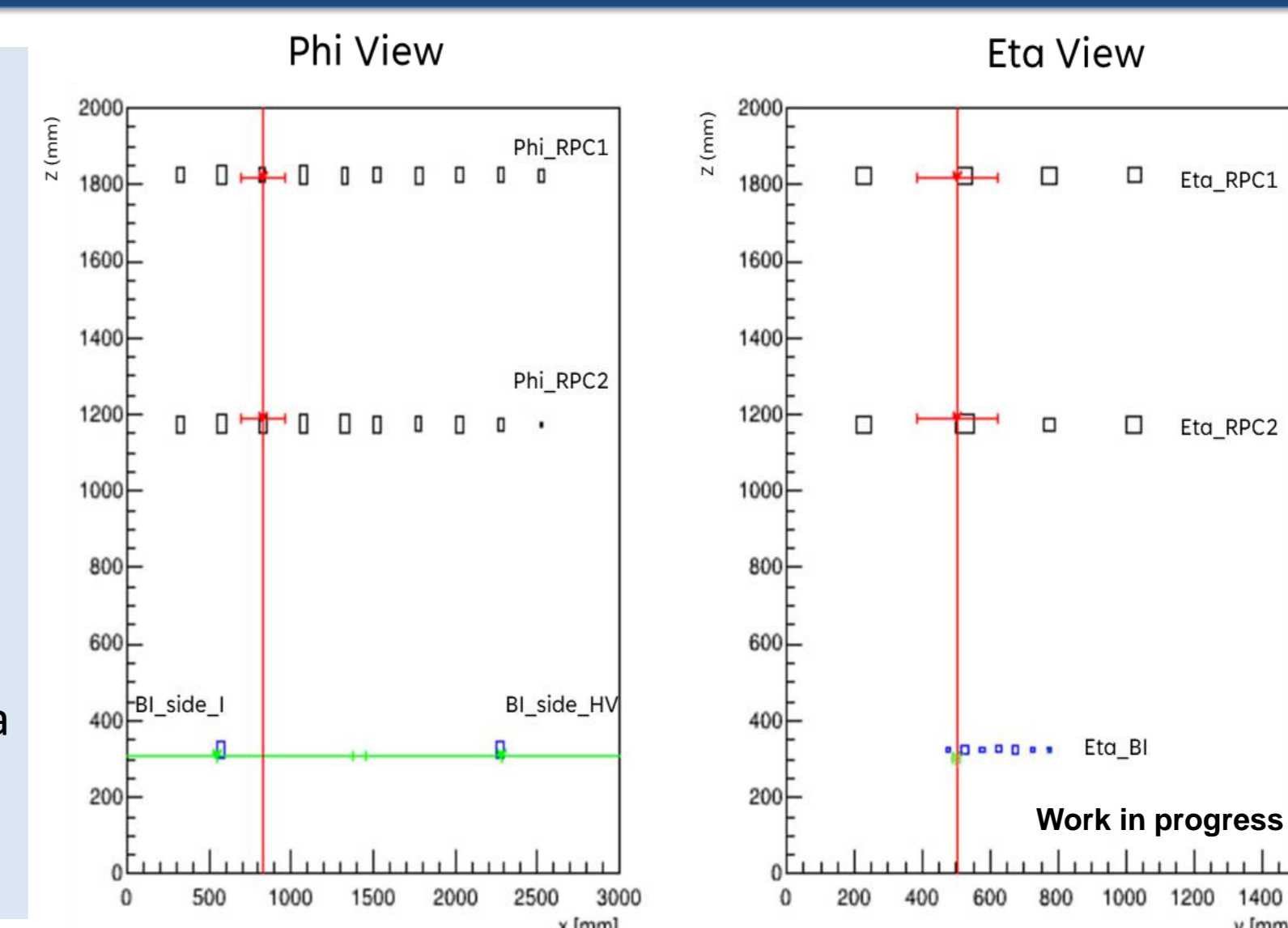


- Il plot mostra la distribuzione della coordinata ϕ ricostruita in funzione di Δt (la differenza di tempo ai due lati della camera BIS).
- La coordinata ricostruita si ottiene dalla relazione:
$$X = \frac{v}{2}(t_1 - t_2) + \frac{L_{BI}}{2} + L_{offset}$$
- Dove L_{BI} è la lunghezza della camera BIS e L_{offset} è la posizione della camera rispetto al punto di riferimento della torre.
- Dal parametro del fit della distribuzione otteniamo la velocità di propagazione del segnale lungo la strip della BIS come:

$$v = \frac{2}{p_1} = 0,24 \frac{mm}{ps}$$

DISPLAY DEGLI EVENTI

- E' stata realizzata una prima versione del display degli eventi.
- Selezionati gli eventi golden, si usano i segnali sui FE del trigger (punti rossi in box bianchi) per estrapolare una traccia.
- Si verifica la presenza di un segnale su RPC-BI in test (punto verde in box blu).
- Si verifica la presenza di una corrispondenza del segnale visto tra il lato HV e il lato I (doppio punto verde nella vista ϕ).



CONCLUSIONI

- La stazione di test è completamente operativa per condurre i test delle camere RPC-BI e sarà ulteriormente ottimizzata con l'installazione dei restanti due piani di trigger.
- Abbiamo sviluppato un robusto framework e software dedicati all'esecuzione dei test e all'analisi dei dati correlati.
- La stazione è pronta per condurre il test di integrazione dell'elettronica DCT sulle camere RPC.
- La stazione offre a tutta la collaborazione un'area di test con trigger configurabile per venire incontro a qualsiasi necessità.