

# Sviluppo di un algoritmo di ricostruzione delle tracce per la rivelazione gamma sub-GeV ad elevata risoluzione angolare



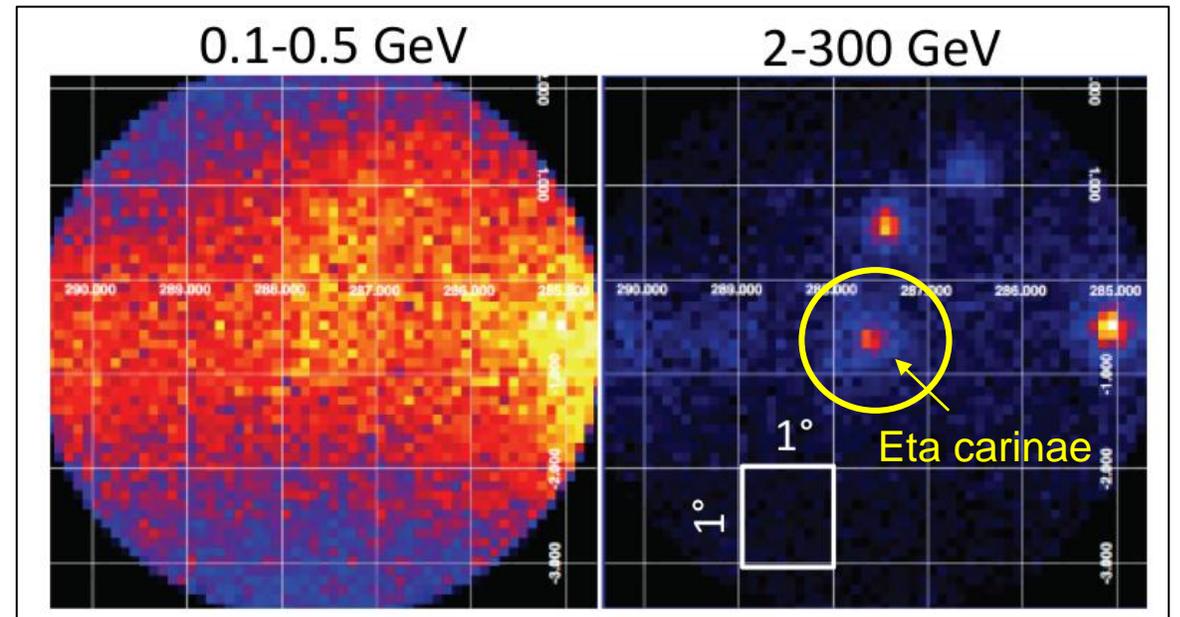
106° Congresso Nazionale  
Società Italiana di Fisica

**Claudio Brugnoni**  
**Per la collaborazione POX**  
**(UniSS, UniPG, INFN-PG, INFN-LNS)**

# Motivazioni scientifiche

La **radiazione astronomica gamma** nella regione 10 MeV – 1 GeV (**sub-GeV**) rappresenta ad oggi un **territorio inesplorato**

Non esistono strumenti adatti a **risolvere sorgenti puntiformi** distinguendole dal fondo diffuso



Eta carinae visto da Fermi-LAT a diversi range energetici

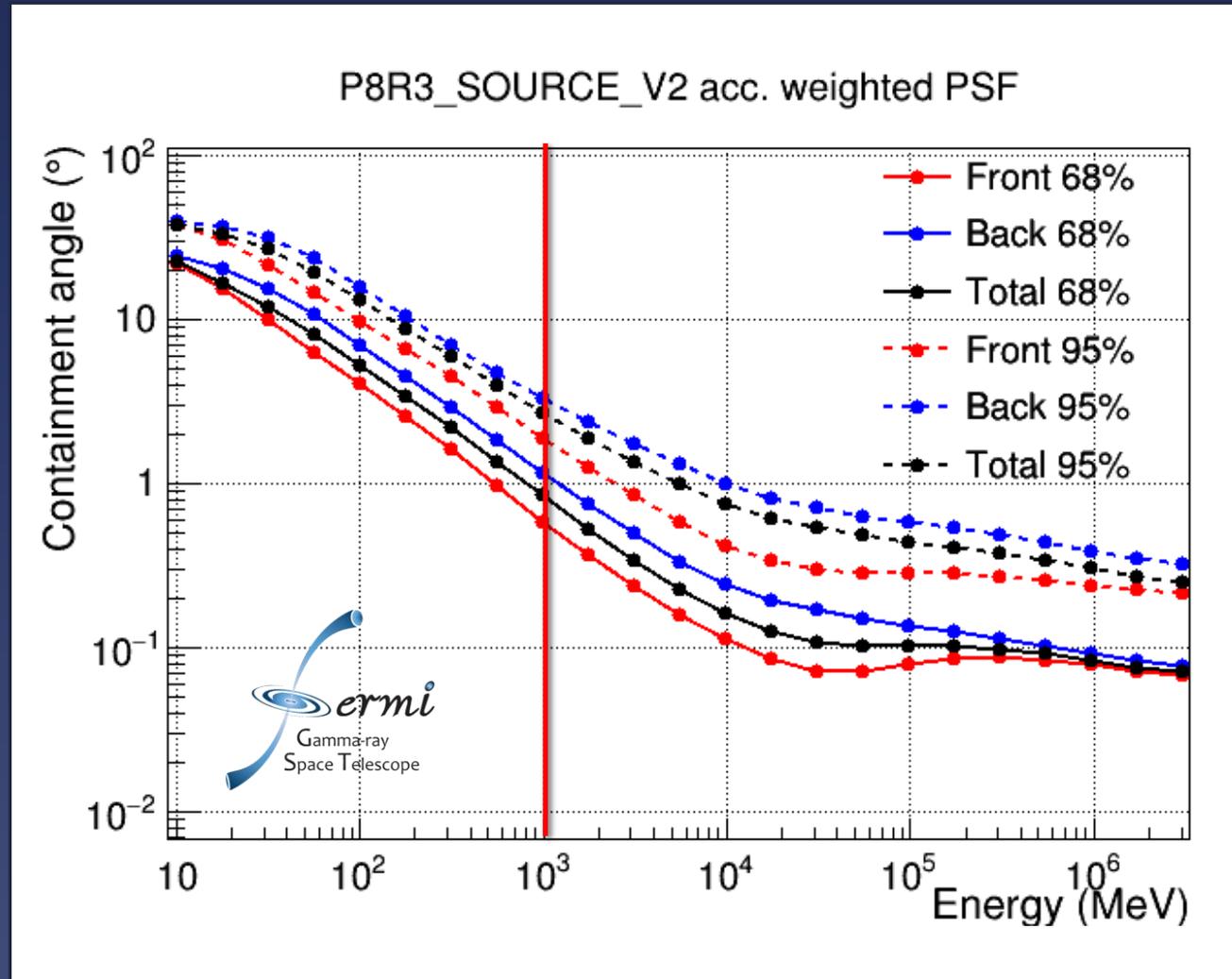
# Motivazioni scientifiche

La **radiazione astronomica gamma** nella regione 10 MeV – 1 GeV (**sub-GeV**) rappresenta ad oggi un **territorio inesplorato**

Non esistono strumenti adatti a **risolvere sorgenti puntiformi** distinguendole dal fondo diffuso

**Fermi-LAT** è il più avanzato rivelatore di raggi gamma astronomici a **bassa energia** attivo fuori dall'atmosfera

Ma è progettato in modo da avere buone capacità risolutive solo per **energie > 1 GeV**



# Motivazioni scientifiche

La **radiazione astronomica gamma** nella regione 10 MeV – 1 GeV (**sub-GeV**) rappresenta ad oggi un **territorio inesplorato**

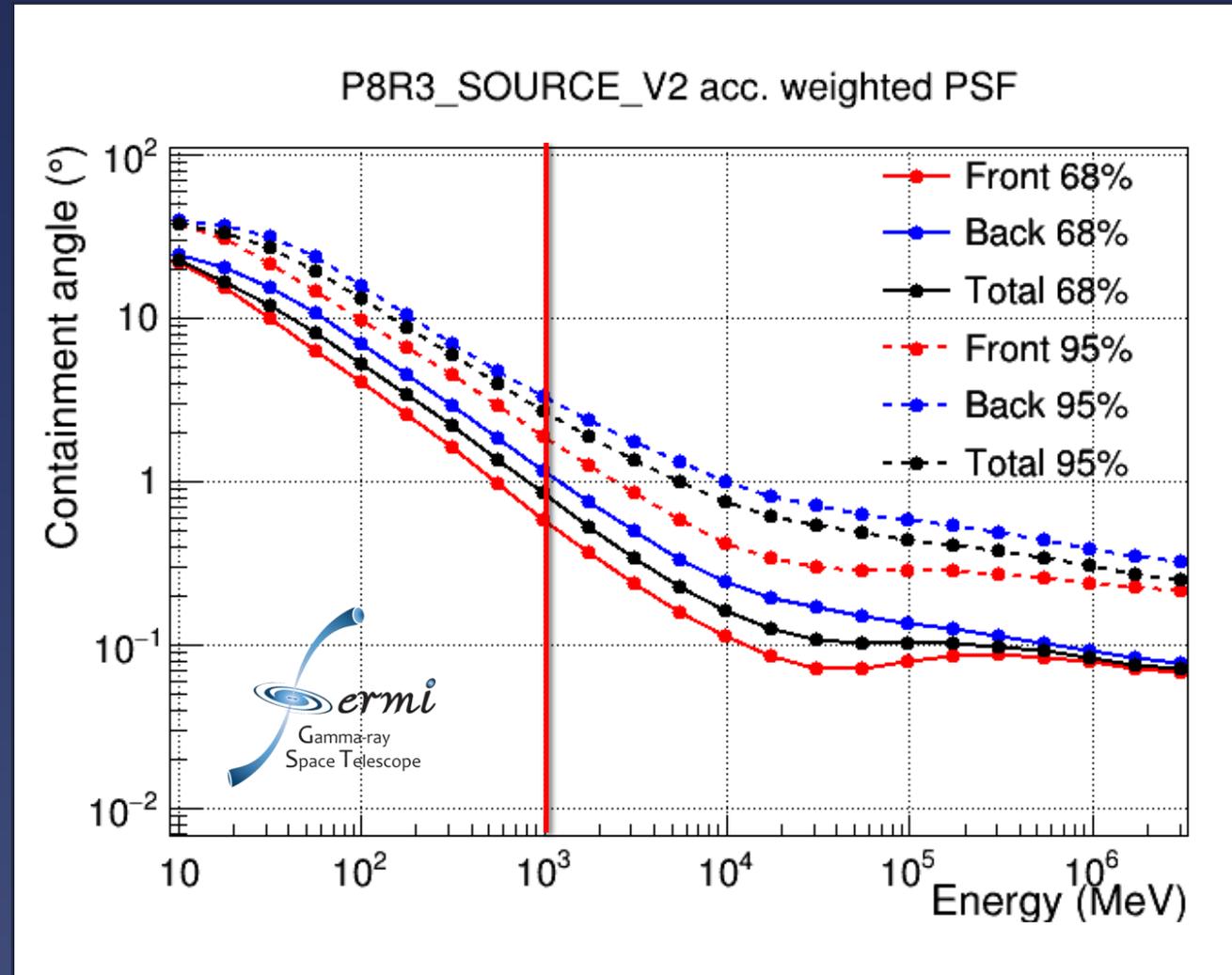
Non esistono strumenti adatti a **risolvere sorgenti puntiformi** distinguendole dal fondo diffuso

**Fermi-LAT** è il più avanzato rivelatore di raggi gamma astronomici a **bassa energia** attivo fuori dall'atmosfera

Ma è progettato in modo da avere buone capacità risolutive solo per **energie > 1 GeV**

Superando questi limiti sarà possibile

- **caratterizzare lo spettro** sub GeV di supernovae, millisecond-pulsar, ...
- ricercare **tracce di annichilazione** di particelle **DM** leggere nel fondo diffuso



# Motivazioni scientifiche

La **radiazione astronomica gamma** nella regione 10 MeV – 1 GeV (**sub-GeV**) rappresenta ad oggi un **territorio inesplorato**

Non esistono strumenti adatti a **risolvere sorgenti puntiformi** distinguendole dal fondo diffuso

**Fermi-LAT** è il più avanzato rivelatore di raggi gamma astronomici a **bassa energia** attivo fuori dall'atmosfera

Ma è progettato in modo da avere buone capacità risolutive solo per **energie > 1 GeV**

Superando questi limiti sarà possibile

- **caratterizzare lo spettro** sub GeV di supernovae, millisecond-pulsar, ...
- ricercare **tracce di annichilazione** di particelle **DM** leggere nel fondo diffuso



# PANGU - Concept

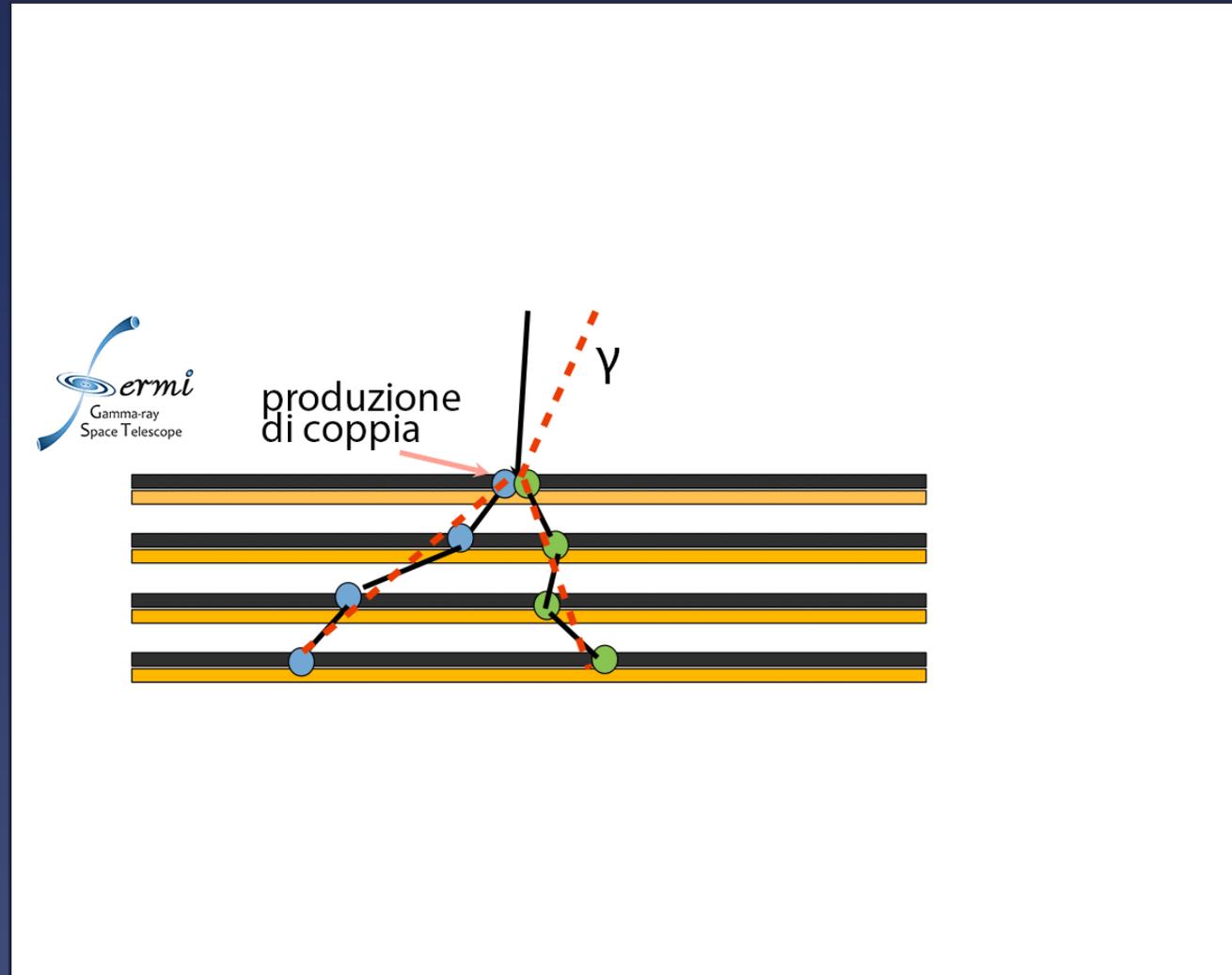
Il telescopio **PANGU** è stato proposto per raggiungere **risoluzioni angolari senza precedenti** nella regione sub GeV

Simile a Fermi-LAT nella struttura, ma:

- rimuove completamente le **componenti passive** del tracciatore (tungsteno)
- assottiglia al massimo le **componenti traccianti** → 150  $\mu\text{m}$

Meno scattering  $\leftrightarrow$  Meno conversioni

- aumenta il **numero di layer** nel tracciatore → 50 layer



# PANGU - Concept

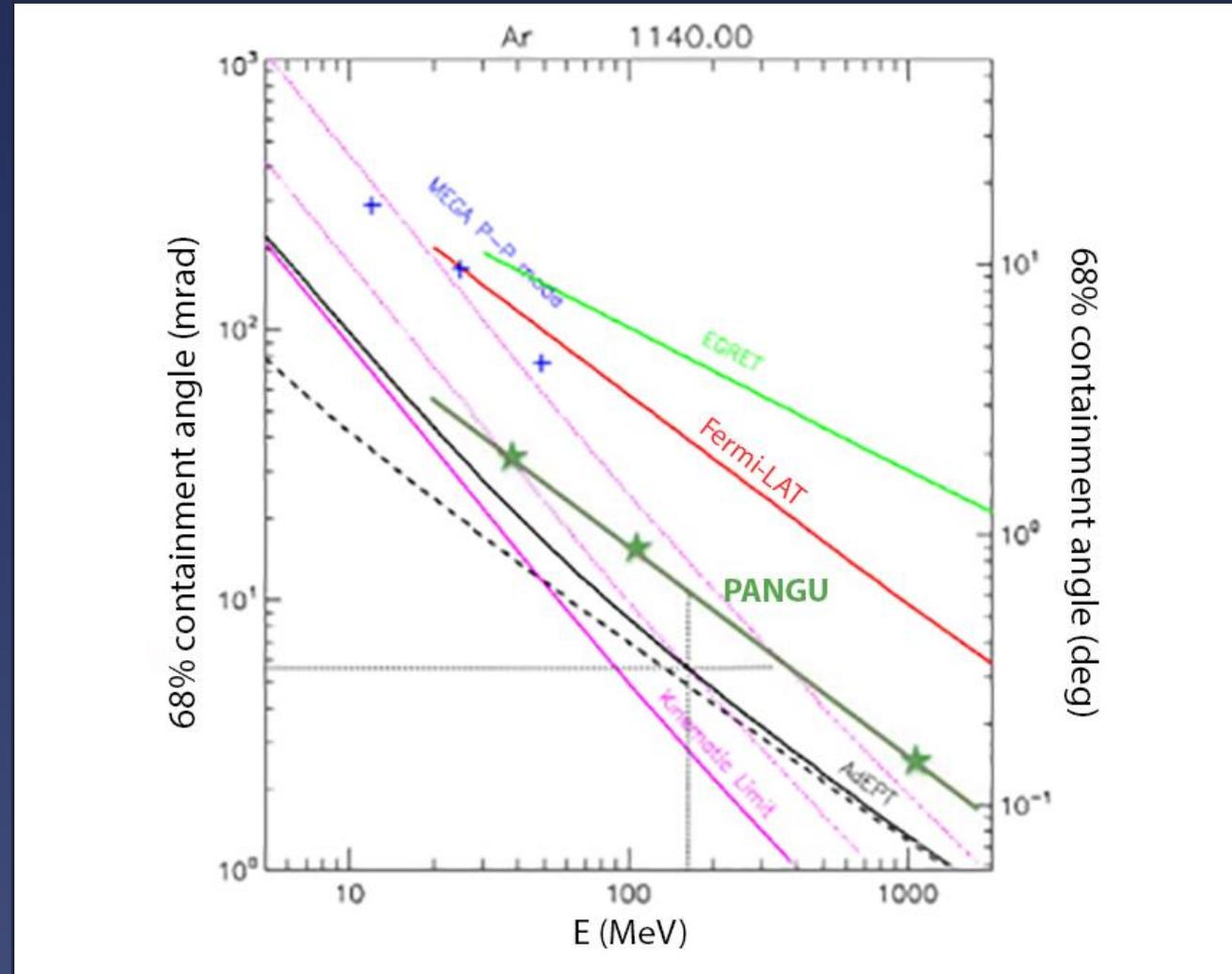
Il telescopio **PANGU** è stato proposto per raggiungere **risoluzioni angolari senza precedenti** nella regione sub GeV

- Simile a Fermi-LAT nella struttura, ma:
- rimuove completamente le **componenti passive** del tracciatore (tungsteno)
  - assottiglia al massimo le **componenti traccianti** → 150  $\mu\text{m}$

Meno scattering  $\leftrightarrow$  Meno conversioni

- aumenta il **numero di layer** nel tracciatore → 50 layer

Risoluzione prevista a 100 MeV:  **$< 1^\circ$**   
Contro Fermi-LAT  **$> 5^\circ$**



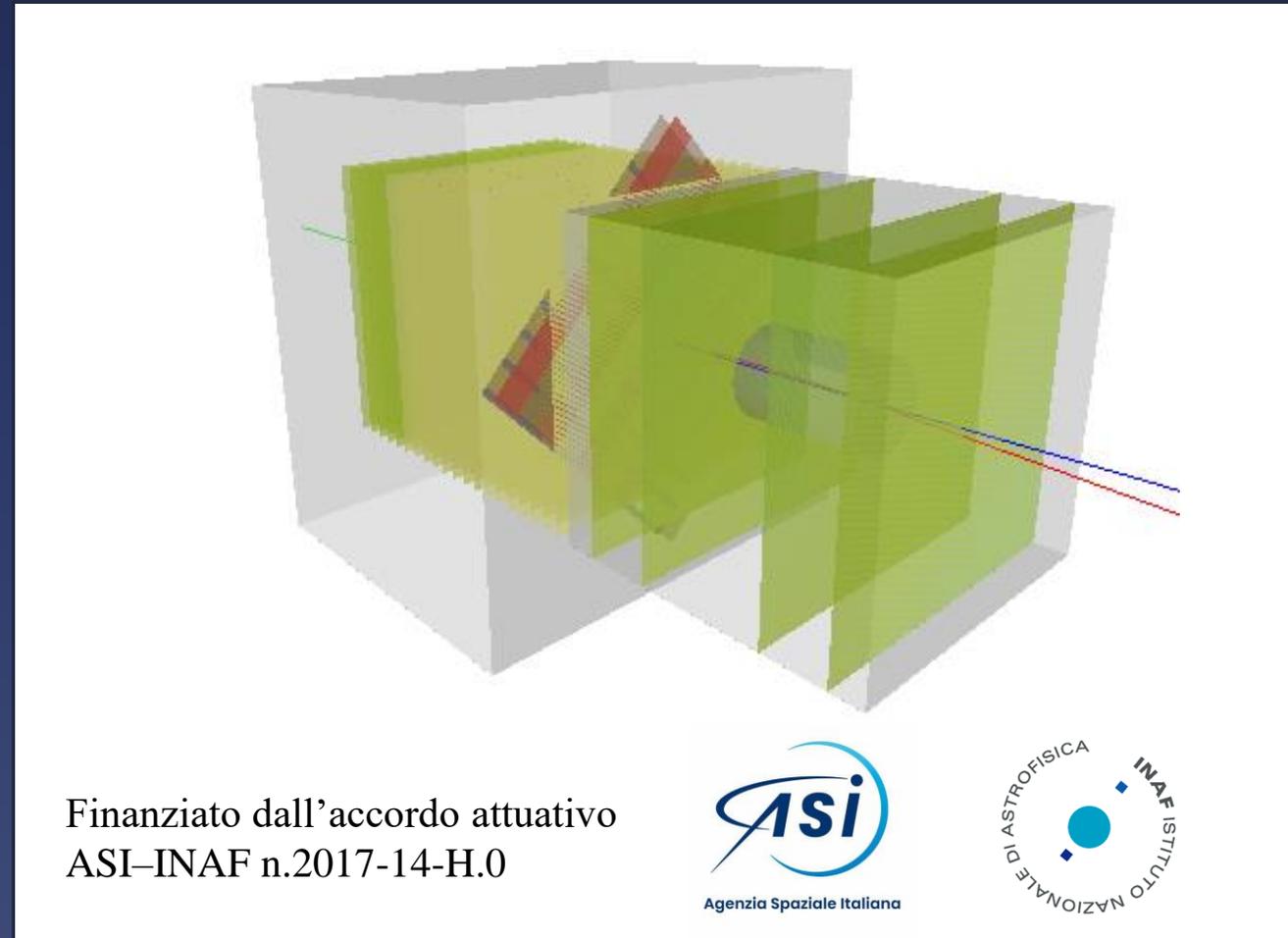
# POX – PANGU Optimization and eXperimental verification

Verifica sperimentale e ottimizzazione del modello proposto da PANGU

- Sviluppo di una **simulazione MC** dettagliata nel framework GGS<sup>[1]</sup>
  - Produzione di un **prototipo** da testare su fascio
- Stima di **prestazioni realistiche**

Mio lavoro:

- riconoscimento **tracce**
- ricostruzione **vertice** di produzione
- ricostruzione **direzione** fotoni



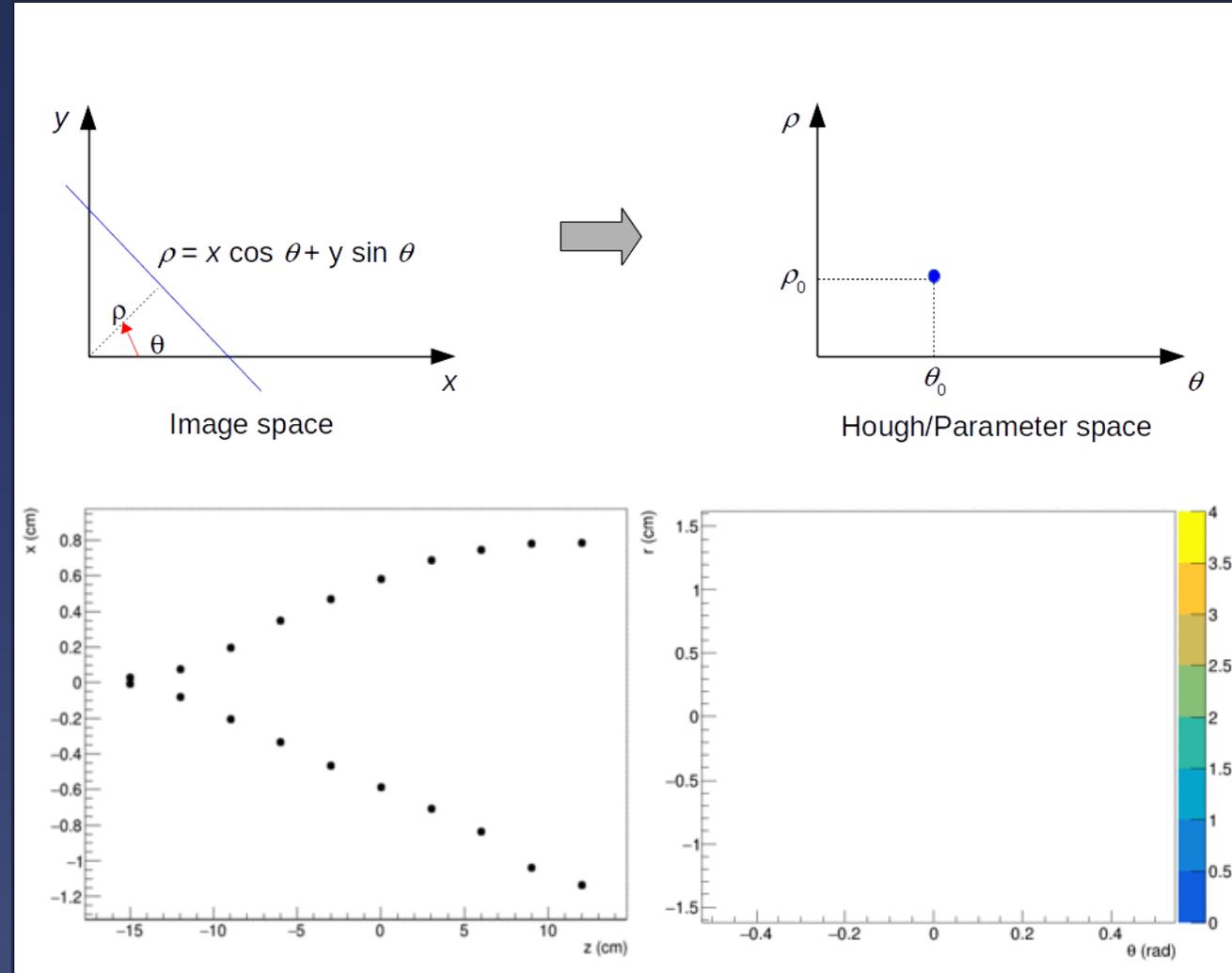
[1] N. Mori, “GGs: a Generic Geant4 Simulation package for small- and medium-sized particle detection experiments.”, submitted to Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, September 8, 2020

# Ricostruzione tracce

Produzione di coppia → tracce multiple

Ricerca delle tracce affidata al metodo delle trasformate di Hough:

1. ogni coppia di hit individua una retta del piano (pendenza, distanza)
2. ogni retta è riportata come un voto nel piano parametrico delle pendenze e delle distanze
3. i voti si accumulano attorno a due punti → direzioni delle due tracce



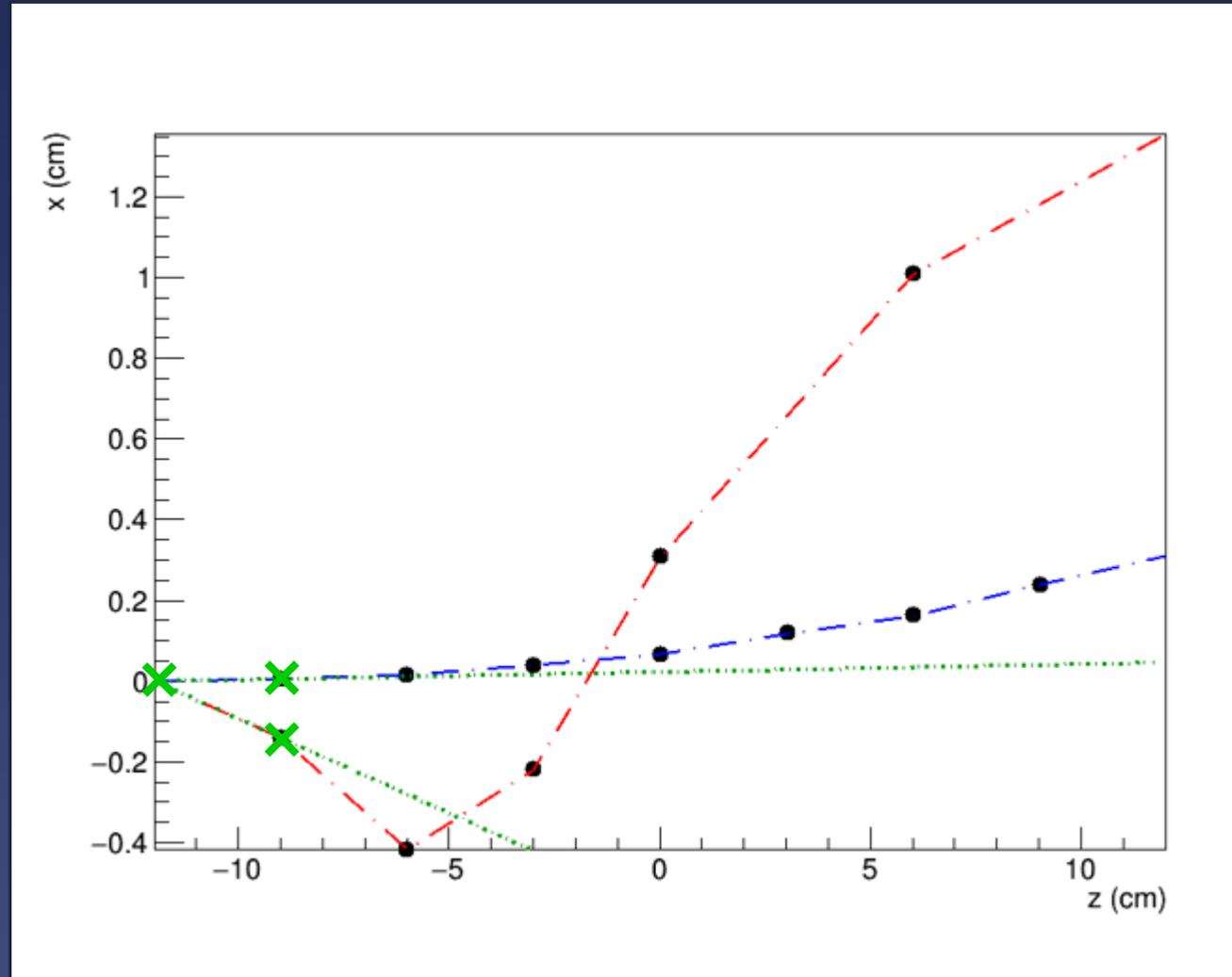
# Ricostruzione direzioni produzione

Momento basso  $\rightarrow$  Intenso scattering  
multiplo coulombiano  $\rightarrow$  tracce spezzate

Le direzioni trovate dalla Hough sono utili a  
riconoscere le tracce

Ma non sono rappresentative delle direzioni  
di produzione

$\rightarrow$  solo le **prime due hit** di ciascuna traccia  
sono usate per ricavare gli angoli  $\theta_x$  e  $\theta_y$  di  
produzione



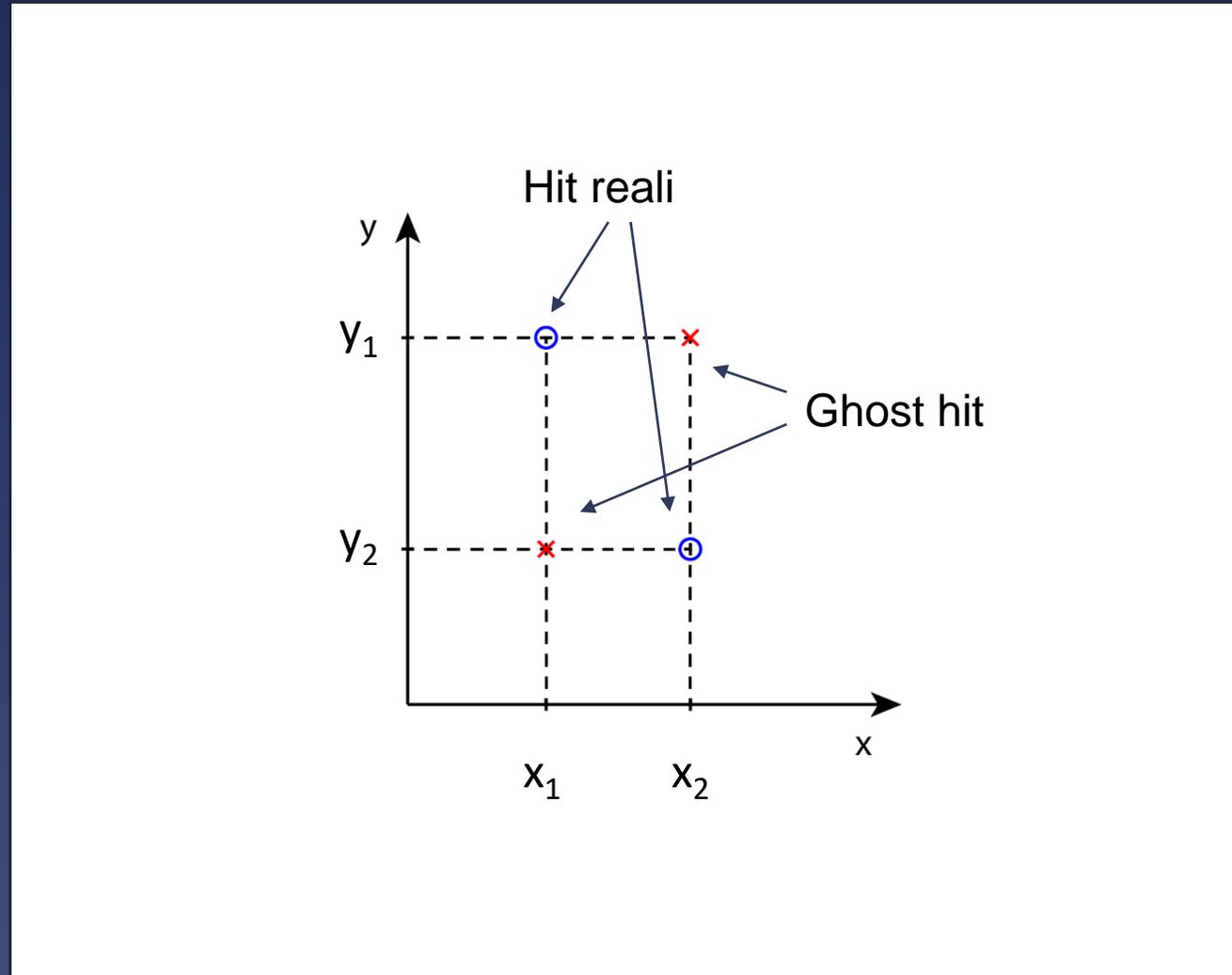
# Ricostruzione direzione fotone

Misure x-y indipendenti → **ambiguità ricostruzione 3D**

Ciascuna componente del momento delle particelle dipende da **entrambi gli angoli** che la traccia forma sulle due viste

$$\vec{P}_e = (P_x, P_y, P_z)$$
$$P_i = P_i(P, \theta_x, \theta_y) \quad i = x, y, z$$

Nella ricostruzione 3D emergono delle **ghost hit** indistinguibili da quelle reali



# Ricostruzione direzione fotone

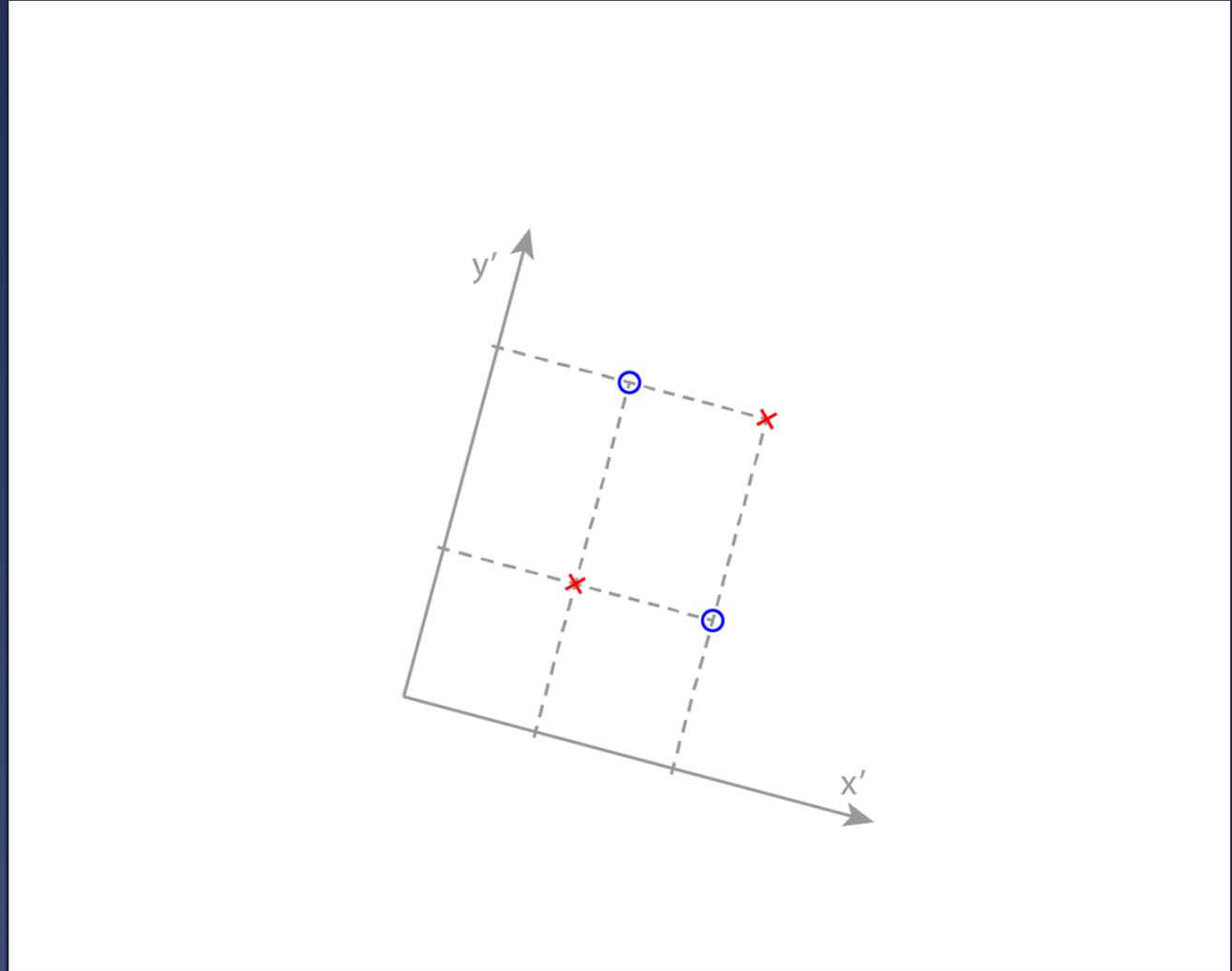
Misure x-y indipendenti → **ambiguità ricostruzione 3D**

Ciascuna componente del momento delle particelle dipende da **entrambi gli angoli** che la traccia forma sulle due viste

$$\vec{P}_e = (P_x, P_y, P_z)$$
$$P_i = P_i(P, \theta_x, \theta_y) \quad i = x, y, z$$

Nella ricostruzione 3D emergono delle **ghost hit** indistinguibili da quelle reali

L'introduzione di un **layer x-y inclinato** anche di pochi gradi permette di risolvere l'ambiguità

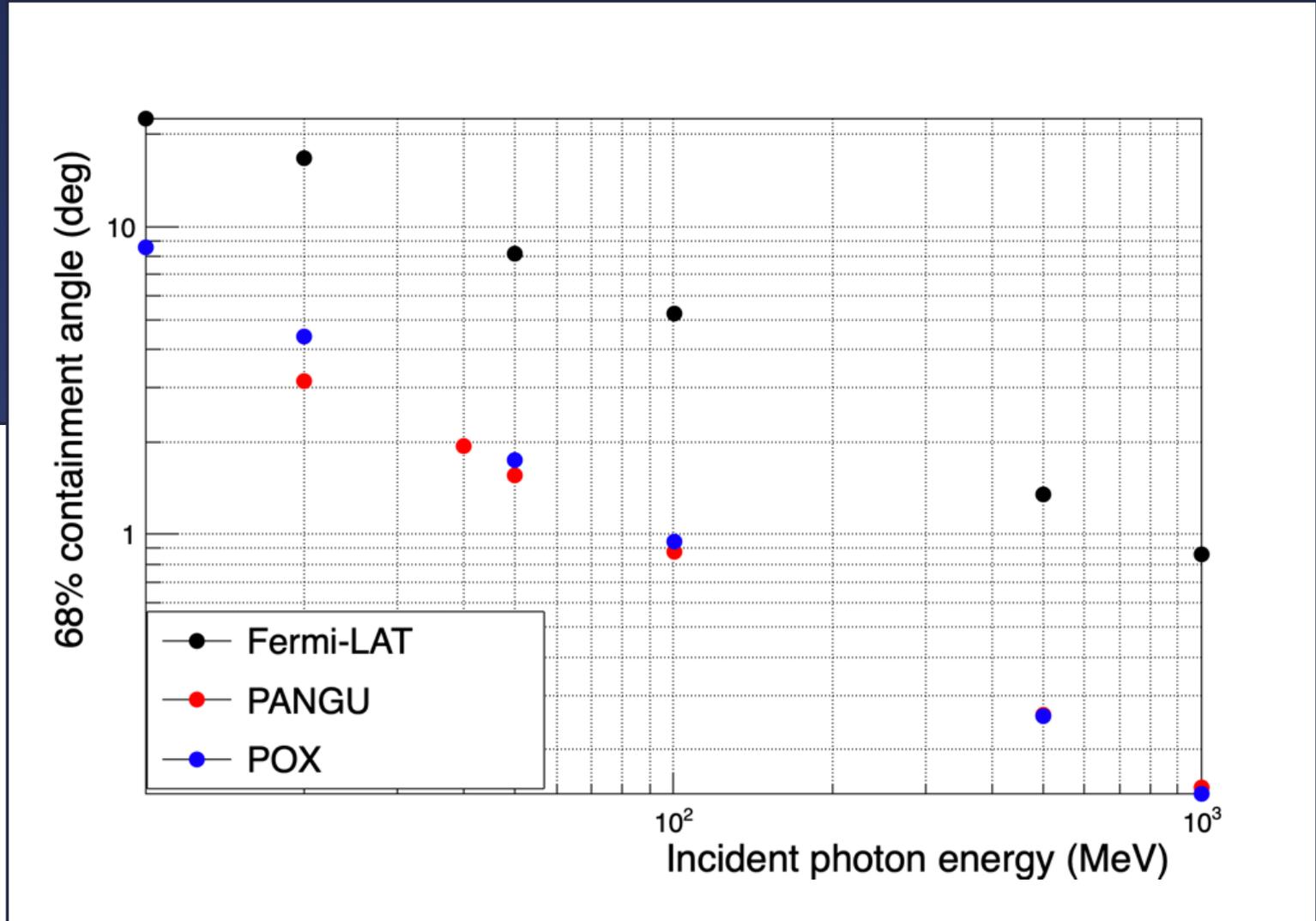
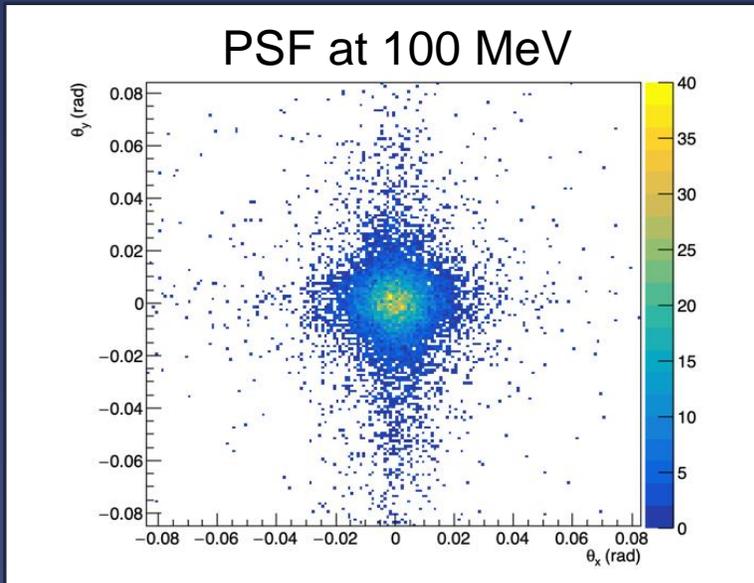


# Risultati ottenuti

Simulati:

24 layer di rivelatori al silicio  
150  $\mu\text{m}$  di spessore ciascuno

Risoluzione in ottimo accordo  
con le previsioni di PANGU



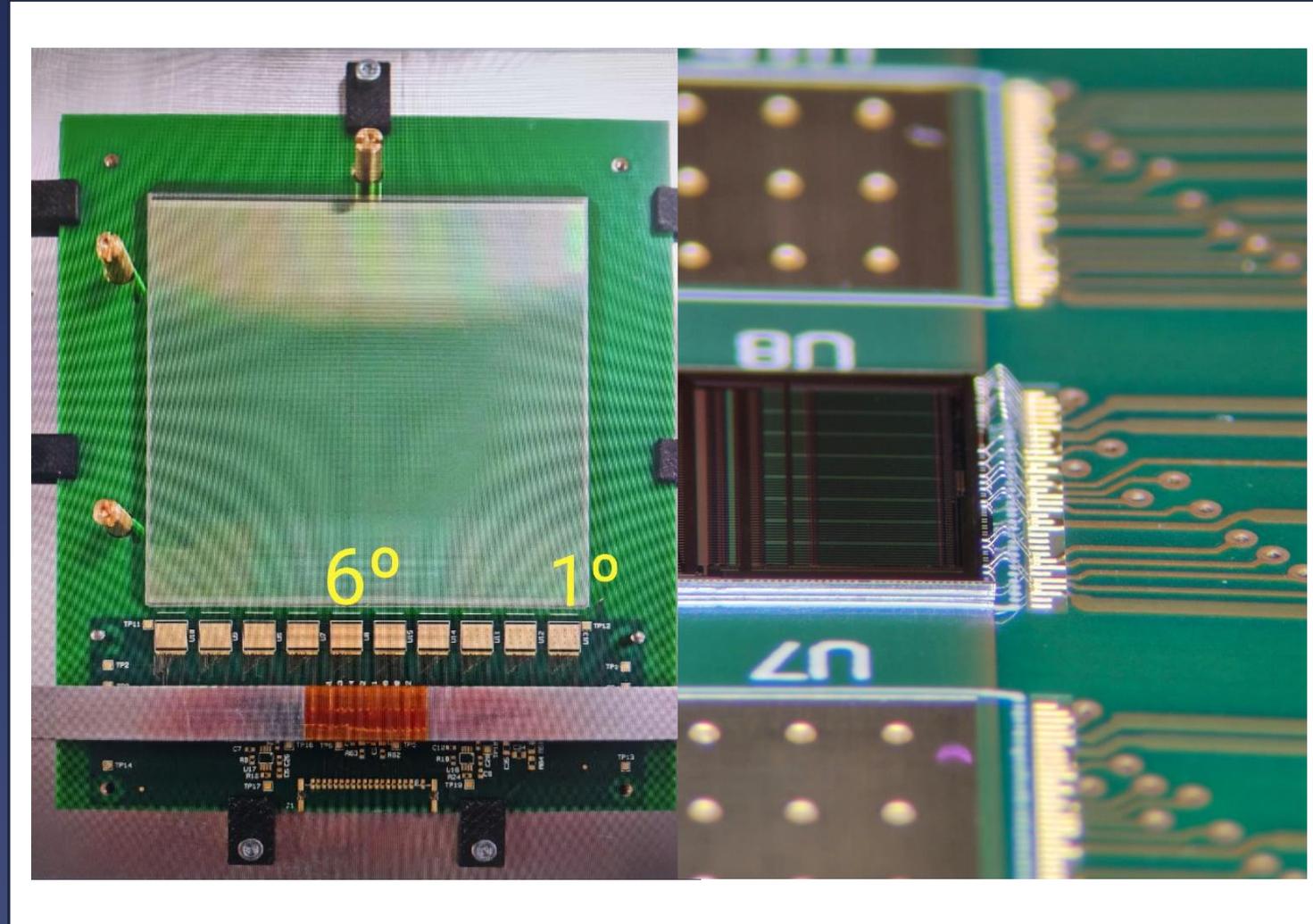
# POX – Stato dell'hardware

Prototipo in produzione

## TRACCIATORE

20 sensori **prodotti appositamente**  
(10 già pronti)

- 9.6 cm x 9.6 cm x **150  $\mu\text{m}$**
  - 150  $\mu\text{m}$  di readout pitch
- + altri disponibili da altri esperimenti



# POX – Stato dell'hardware

Prototipo in produzione

## TRACCIATORE

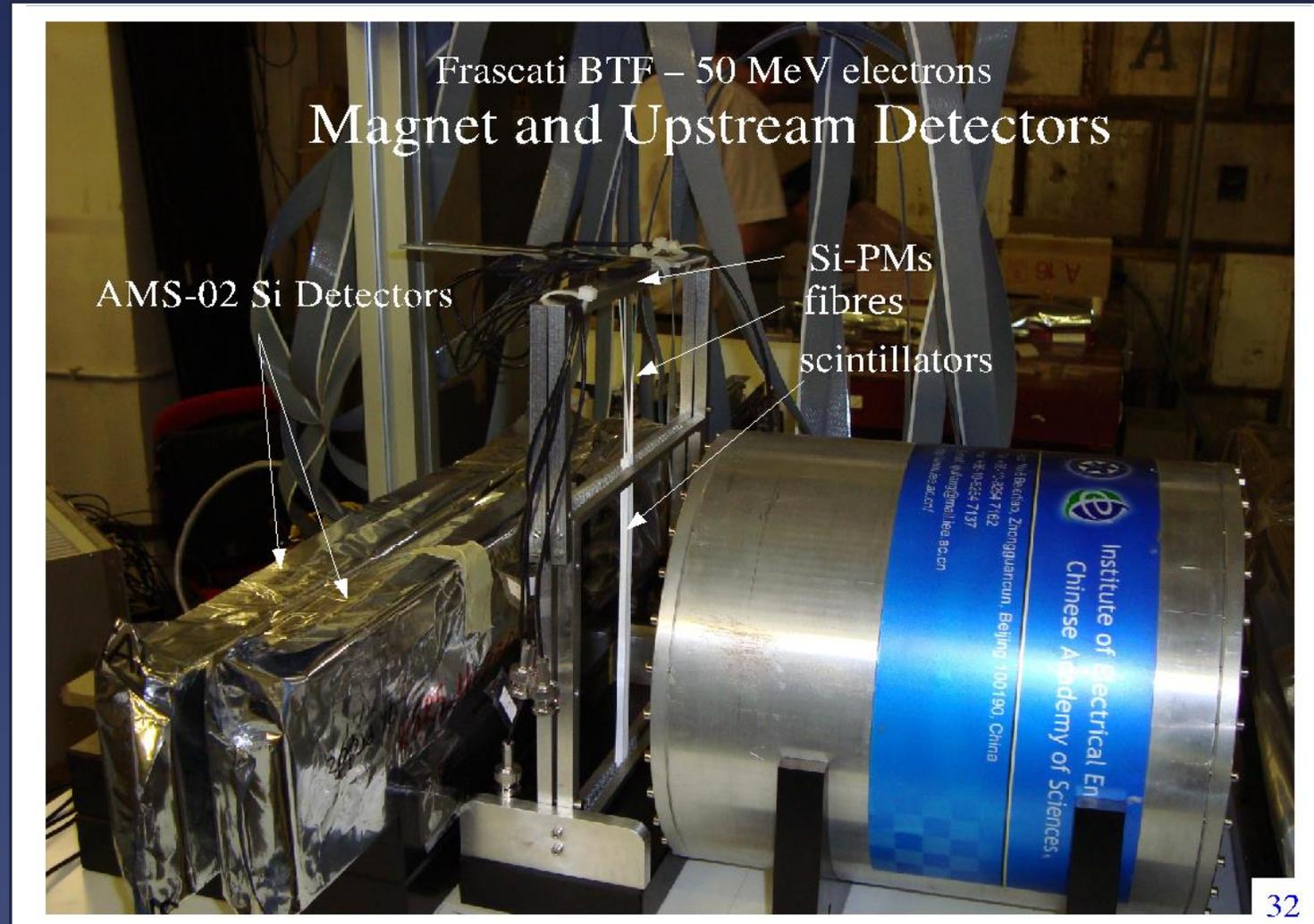
20 sensori **prodotti appositamente**  
(10 già pronti)

- 9.6 cm x 9.6 cm x **150  $\mu\text{m}$**
  - 150  $\mu\text{m}$  di readout pitch
- + altri disponibili da altri esperimenti

## SPETTROMETRO

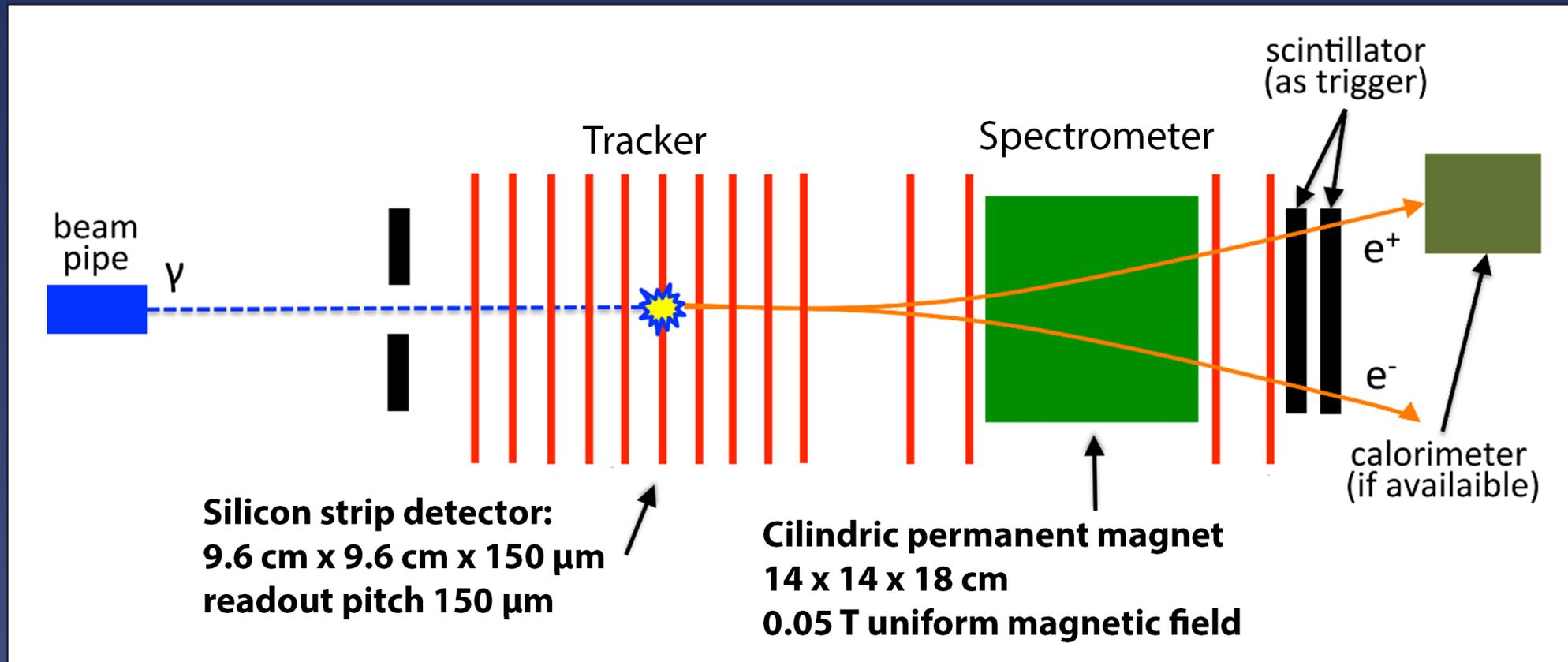
Magnete cilindrico permanente  
realizzato per la fase di test di AMS

- 14 x 14 x 18 cm
- campo uniforme da **0.05 T**



# POX – Stato dell'hardware

È previsto un **test su fascio** di fotoni presso la **DAFNE-BTF** di Frascati o il **MAMI** di Mainz



# Conclusioni e ulteriori sviluppi

## CONTESTO:

PANGU → superare gli attuali limiti nell'astronomia gamma sub-GeV

POX → verificare l'efficacia di PANGU

## LAVORO PERSONALE:

Algoritmi di riconoscimento tracce e ricostruzione vertice

- trasformate di Hough
- prime due hit dalla conversione
- detector inclinati

→ Previsoni di PANGU confermate

## FUTURO:

Analisi relativa allo spettrometro magnetico

Campagna di misure agli acceleratori

GRAZIE  
PER L'ATTENZIONE