

# Il Progetto EEE: la Scienza nelle scuole. Stato dell'arte.

M. Abbrescia <sup>e)</sup>, S. An <sup>l)</sup>, A. Badalà <sup>h)</sup>, R. Baldini Ferroli <sup>b) c)</sup>, G. Bencivenni <sup>c)</sup>,  
F. Blanco <sup>h)</sup>, E. Bressan <sup>b) f)</sup>, A. Chiavassa <sup>k)</sup>, C. Chiri <sup>i)</sup>, L. Cifarelli <sup>f)</sup>, F. Cindolo <sup>f)</sup>,  
E. Coccia <sup>d)</sup>, S. De Pasquale <sup>j)</sup>, M. D'Incecco <sup>d)</sup>, F.L. Fabbri <sup>c)</sup>, V. Frolov <sup>b) k)</sup>,  
M. Garbini <sup>b) f)</sup>, C. Gustavino <sup>d)</sup>, D. Hatzifotiadou <sup>f)</sup>, G. Imponente <sup>b)</sup>, J. Kim <sup>l)</sup>,  
P. La Rocca <sup>h)</sup>, F. Librizzi <sup>h)</sup>, A. Maggiore <sup>k)</sup>, H. Menghetti <sup>f)</sup>, S. Miozzi <sup>c)</sup>, R. Moro <sup>b) d)</sup>,  
M. Panareo <sup>i)</sup>, G.S. Pappalardo <sup>h)</sup>, G. Piragino <sup>k)</sup>, F. Riggi <sup>h)</sup>, F. Romano <sup>e)</sup>,  
G. Sartorelli <sup>f)</sup>, C. Sbarra <sup>b) f)</sup>, M. Selvi <sup>f)</sup>, S. Serci <sup>g)</sup>, C. Williams <sup>f)</sup>, A. Zichichi <sup>a) b) f) l)</sup>  
and R. Zuyenski <sup>l)</sup>

- a) CERN, Geneva, Switzerland
- b) Enrico Fermi Centre, Rome, Italy
- c) Laboratori Nazionali di Frascati (LNF), Italy
- d) Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Italy
- e) University and INFN, Bari, Italy
- f) University and INFN, Bologna, Italy
- g) University and INFN, Cagliari, Italy
- h) University and INFN, Catania, Italy
- i) University and INFN, Lecce, Italy
- j) University and INFN, Salerno, Italy
- k) University and INFN, Turin, Italy
- l) World Laboratory, Geneva, Switzerland

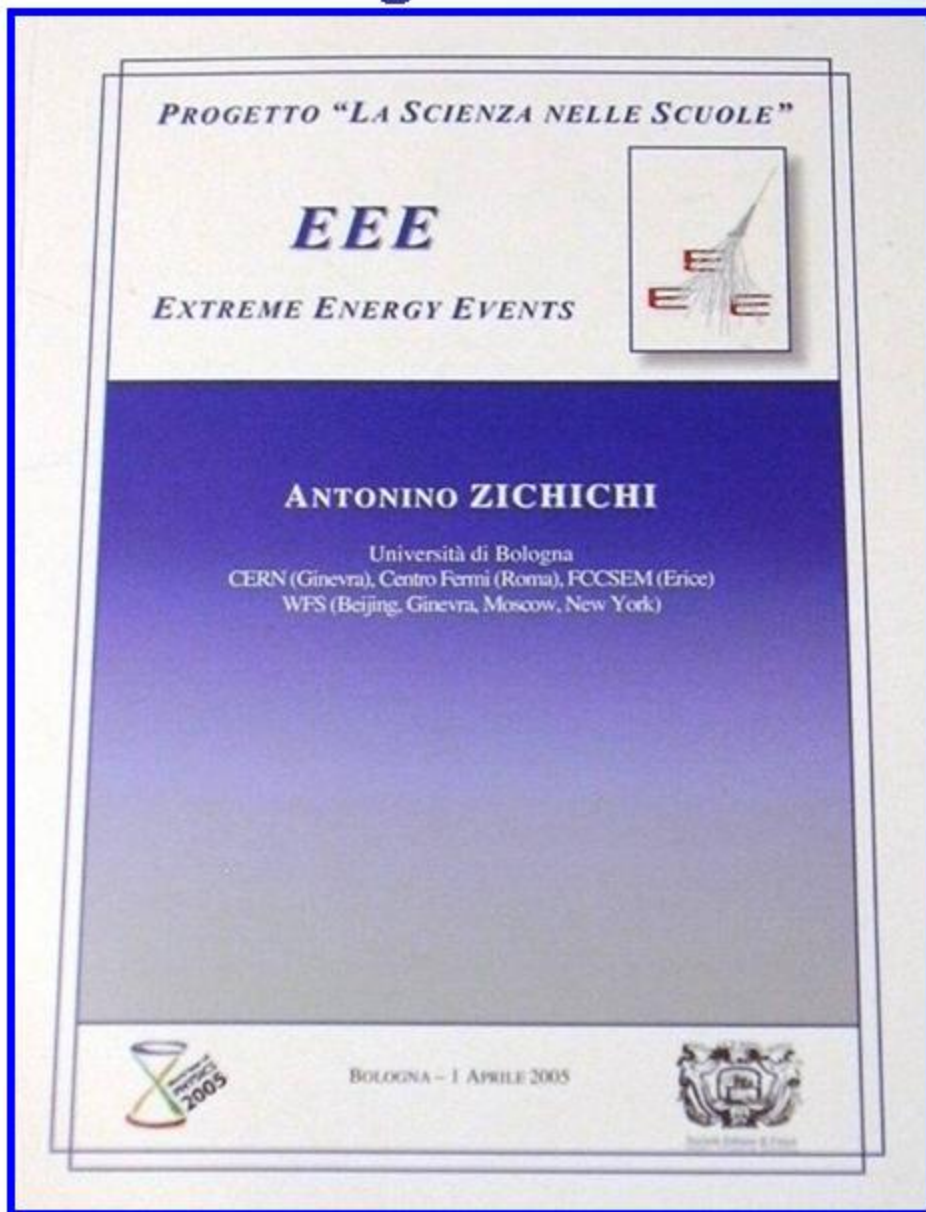
[www.centrofermi.it/eee/](http://www.centrofermi.it/eee/)

Presented by E. Bressan

**Project Leader:**  
**Antonino Zichichi**  
**Extreme Energy Events**



# Il Progetto EEE: la scienza nelle scuole



## Progetto EEE: Extreme Energy Events

- Museo della Fisica e Centro Studi e Ricerche "E. Fermi"
- Fondazione e Centro di Cultura Scientifica "E. Majorana"
- INFN: Bologna, Cagliari, Catania, Lecce, Torino, LNF, LNGS
- Università di: Bologna, Cagliari, Catania, Lecce, Salerno, Torino
- MIUR





# Il Progetto EEE: la scienza nelle scuole

## Progetto EEE: Extreme Energy Events



Collaborazione tra  
ricerca scientifica  
e mondo della scuola



# Il Progetto EEE: la scienza nelle scuole

## Main goals

Portare la **scienza nel cuore dei giovani**  
tramite  
il loro **coinvolgimento diretto** in un  
esperimento di **Fisica** che studia le frontiere  
della conoscenza attuale:  
**i Raggi Cosmici di altissima energia**



# Il Progetto EEE: la scienza nelle scuole

**Il Progetto EEE ha una struttura modulare**



**In ogni scuola un telescopio per raggi cosmici**





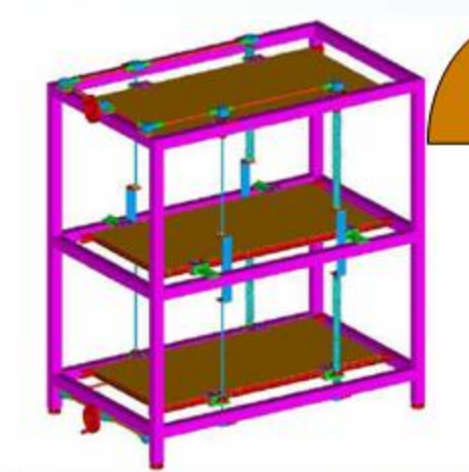
# Il Progetto EEE: la scienza nelle scuole

## Obiettivi scientifici del Progetto

Ricerca di possibili **EVENTI** di raggi cosmici di **ENERGIA ESTREMA** in correlazione temporale

☆ Costruzione ed installazione di una **RETE** estesa di **TELESCOPI** costituiti da **MRPC** (Multigap Resistive Plate Chambers) per rivelare **muoni cosmici** in un grande numero di scuole (Licei ed Istituti Tecnici) dislocate su tutto il territorio nazionale (circa  $3 \times 10^5$  km<sup>2</sup>)

☆ Rivelazione e studio di muoni cosmici in tutti i telescopi e, grazie all'impiego di un sistema **GPS**, possibilità di **sincronizzare telescopi** distanti



**Il Progetto EEE ha una struttura modulare**





# Il Progetto EEE: gli studenti coinvolti

## Obiettivi educativi e divulgativi del Progetto

### COLLABORAZIONE con studenti ed insegnanti delle scuole secondarie

☆ Coinvolgimento di studenti e docenti delle scuole in attività di ricerca che permettano ai giovani di conoscere la Fisica delle Particelle, il metodo e gli strumenti di ricerca

☆ Partecipazione degli studenti alle fasi di costruzione del proprio telescopio (CERN), messa in funzione del rivelatore, acquisizione dati con il proprio telescopio e analisi dati

Gli studenti costruiscono i rivelatori e partecipano attivamente al set up del proprio telescopio. In questo modo, possono rendersi conto di come semplici componenti di uso comune possono trasformarsi in uno strumento sofisticato di alta precisione.

**I risultati ottenuti da ogni scuola potranno fornire un originale contributo agli studi dei Raggi Cosmici di Energia Estrema.**

**I dati acquisiti da telescopi distanti potranno essere utilizzati per la ricerca di eventi in correlazione temporale tra siti differenti.**



# Il Progetto EEE: gli studenti coinvolti

## Obiettivi educativi e divulgativi del Progetto

**Le prime scuole  
coinvolte hanno già  
costruito il loro  
telescopio!!!**





# Il Progetto EEE: gli studenti coinvolti

## Obiettivi educativi e divulgativi del Progetto





# Il Progetto EEE: gli studenti coinvolti

- Terminata la costruzione del proprio telescopio, **gli studenti** si recheranno presso **le strutture di ricerca** più vicine per avere la possibilità di partecipare a **stage di training tecnico-scientifico** a diretto contatto con il mondo universitario.
- **In collaborazione con il personale scientifico e tecnico** delle strutture di ricerca **predisporranno** presso le loro scuole tutte le **strumentazioni ed attrezzature necessarie** per l'installazione dei telescopi del Progetto EEE. I rivelatori saranno poi **trasportati nelle scuole**, e insieme all'aiuto degli studenti interessati, si procederà alla fase di **montaggio e messa in funzione** dei telescopi.
- In fase di funzionamento, quando i telescopi acquisiranno dati, **sarà compito degli studenti garantire l'operatività costante dei telescopi**: a questo scopo sarà fornito loro un **"manuale d'istruzioni"**, cartaceo e digitale, che mostri come procedere e indichi una serie di regolari controlli e misure.
- Sono stati organizzati **incontri formativi con gli studenti ed i docenti** interessati a cui a breve ne seguiranno altri per approfondire le tematiche della **Fisica dei Raggi Cosmici e della loro rivelazione**.
- A regime, gli studenti saranno resi **partecipi dell'analisi dei dati raccolti e dei risultati ottenuti**. Saranno anche coinvolti in un'azione più vasta di **promozione della Cultura Scientifica** tramite strumenti multimediali e ulteriori stage.



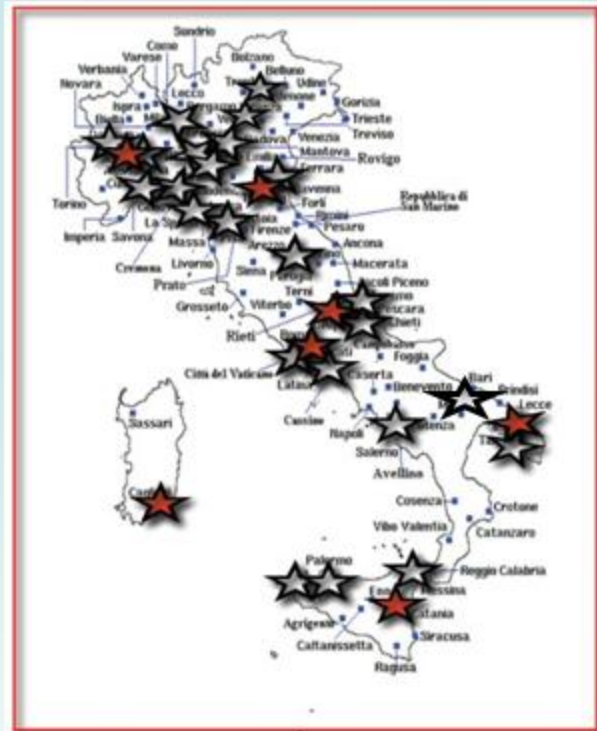


# Il Progetto EEE: lo stato attuale

Il Progetto, ideato e guidato dal prof. Antonino Zichichi, è operativamente iniziato nel 2005 con un gruppo di circa 20 scuole scelte su tutto il territorio italiano

La costruzione dei telescopi è stata effettuata dagli studenti ed insegnanti interessati sotto la supervisione di personale tecnico e ricercatore del:

- Centro Fermi,
- INFN (Bologna, Cagliari, Catania, LNF, LNGS, Lecce e Torino)
- CERN



**Le prime scuole sono situate in 7 "città pilota":**

- Bologna, Cagliari, Catania, Grottaferrata (Roma), L'Aquila, Lecce e Torino.

Nel corso del 2006 sono stati costruiti 72 rivelatori e, ultimati i test di funzionamento dei telescopi presso le sezioni INFN di riferimento, si sta procedendo all'installazione nelle scuole.

In seguito all'installazione dei primi 24 telescopi e ai primi risultati il network di rivelazione sarà ingrandito





# Il Progetto EEE: lo stato attuale

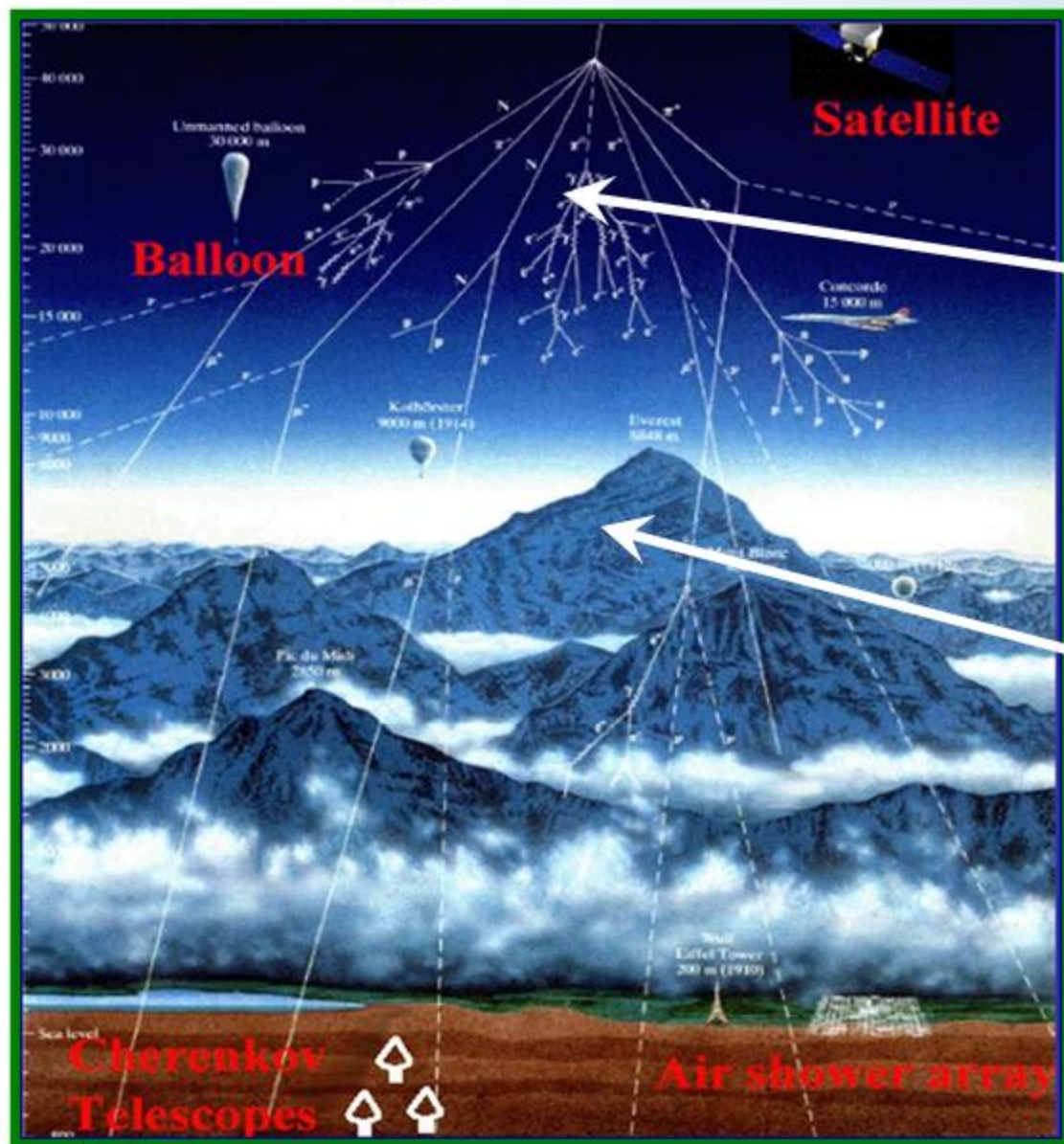


Sono già state inaugurate tre stazioni sperimentali in due scuole nei pressi di Roma e una vicino a Bologna. Entro la fine del 2007 si prevede di completare l'installazione dei telescopi già costruiti e testati nelle restanti scuole pilota





# I raggi cosmici: la loro composizione

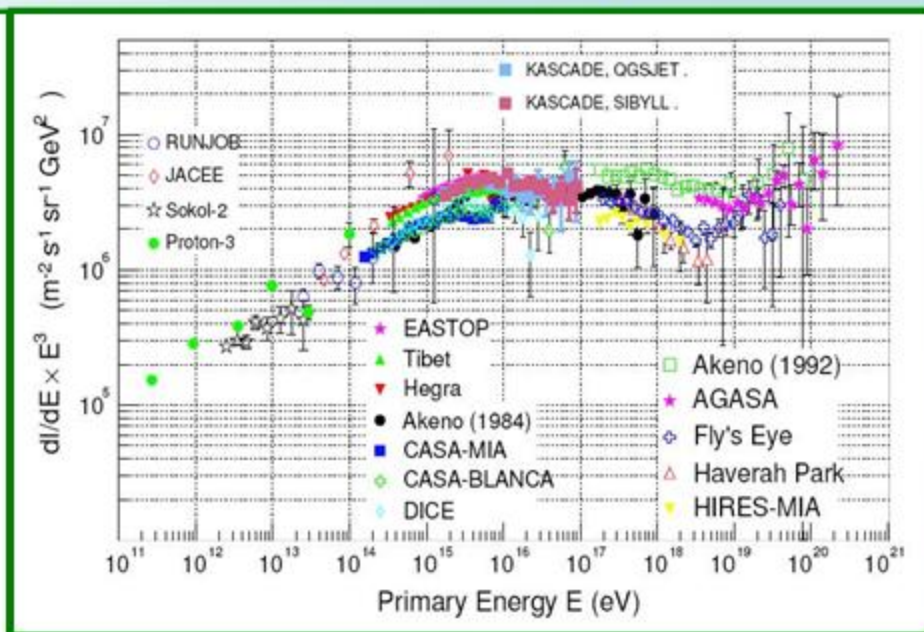
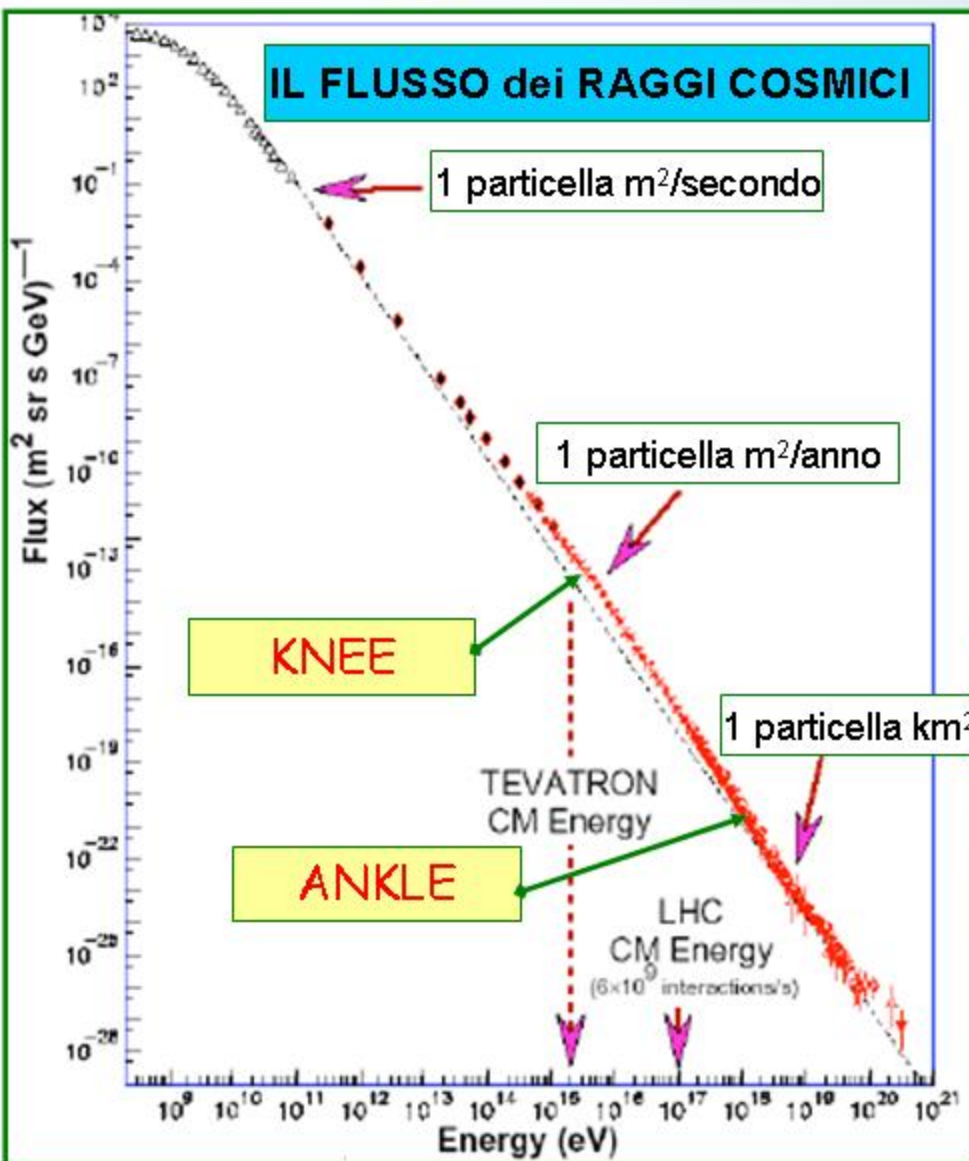


- Sommità dell'atmosfera  
**componente primaria**  
protoni (90%)  
nuclei elio (6%)  
nuclei più pesanti (1%)  
elettroni (1%)  
raggi gamma (0.1%)
- Interazioni tra primario e molecole dell'atmosfera  
**componente secondaria**  
elettroni, neutrini,  
pioni, kaoni e **muoni**

Il **flusso** di particelle cariche che incide su una superficie orizzontale al livello del mare è  $\sim 200$  particelle/(m<sup>2</sup> s).

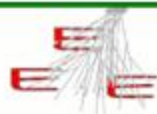


# I raggi cosmici: lo spettro in energia



Ancora oggi, quasi 100 anni dopo la loro scoperta, i raggi cosmici presentano aspetti e caratteristiche non del tutto spiegati come:

- la composizione
- il meccanismo di accelerazione
- la forma dello spettro in energia per energie estreme ( $>10^{19}$  eV)
- la loro origine



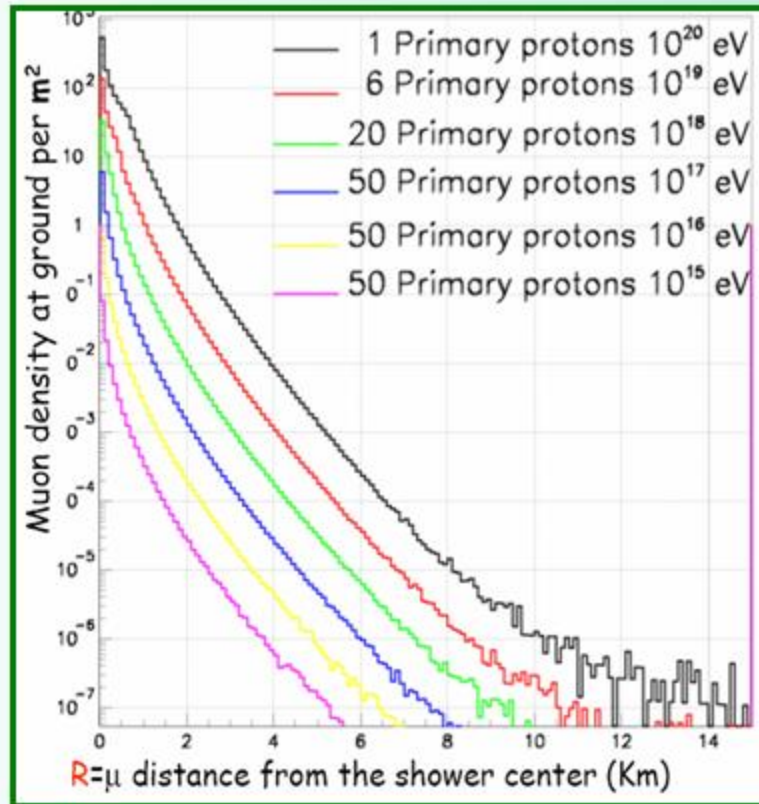


# I muoni al livello del mare

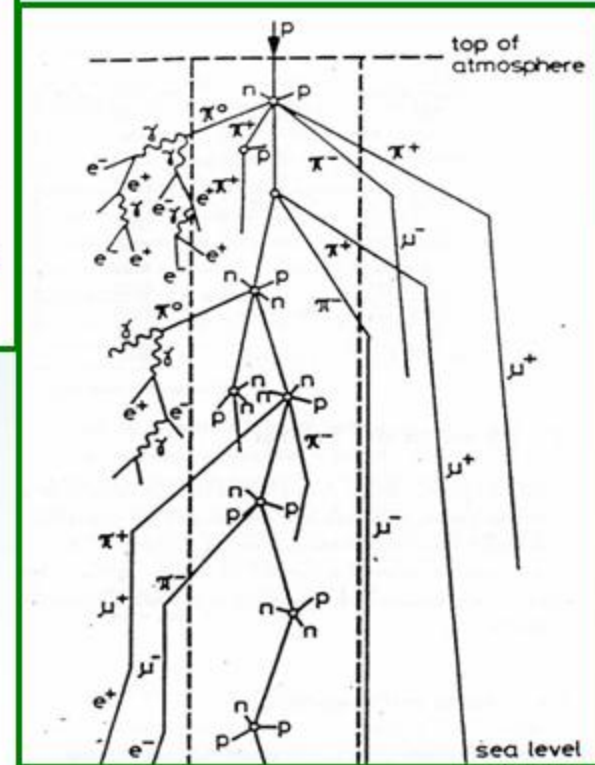
I muoni sono la componente carica dello sciame più abbondante al livello del mare mentre altre componenti sono assorbite in atmosfera.

Poichè i muoni interagiscono debolmente con la materia, possono essere rivelati anche all'interno dei locali delle scuole.

La rivelazione dei muoni dello sciame fornisce informazioni sulla direzione dei raggi cosmici primari

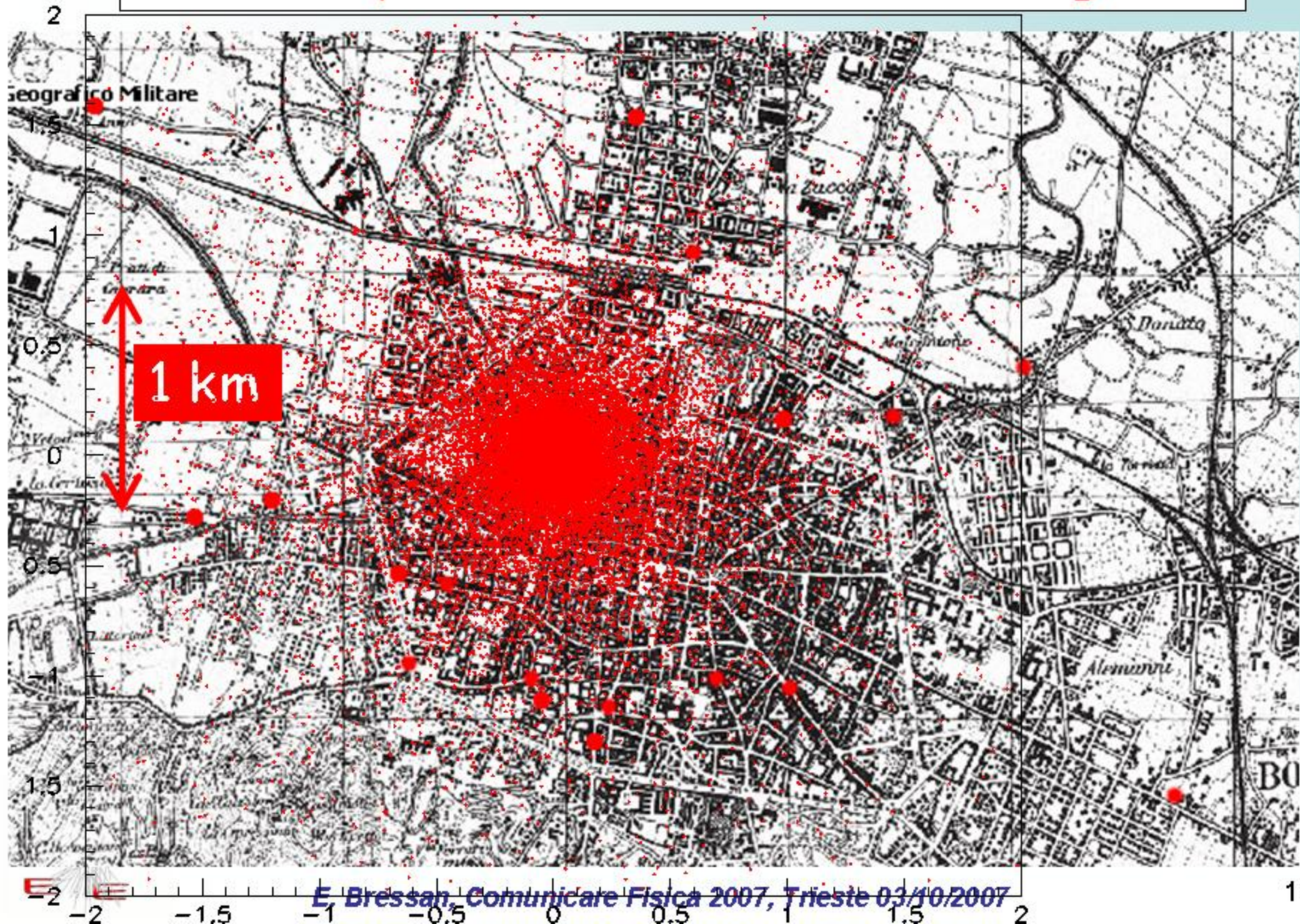


Distribuzione laterale dei  $\mu$





# ... Un protone di $10^{17}$ eV a Bologna

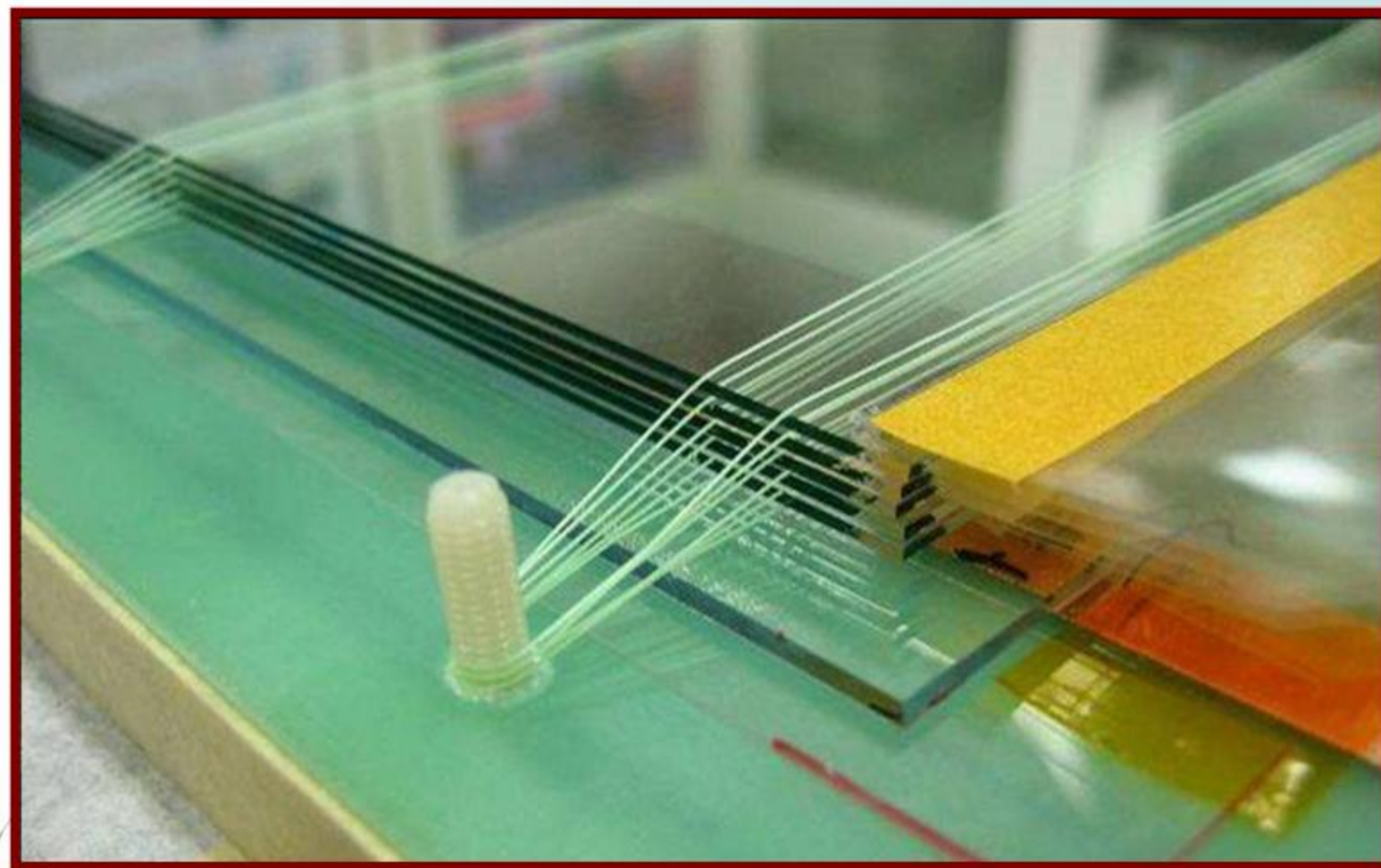






# Il Progetto EEE: il rivelatore

Struttura della Multi-gap Resistive Plate Chamber del Progetto EEE: camere a ionizzazione con buona risoluzione spaziale e temporale simili a quelle progettate per il TOF dell'esperimento Alice all'acceleratore LHC

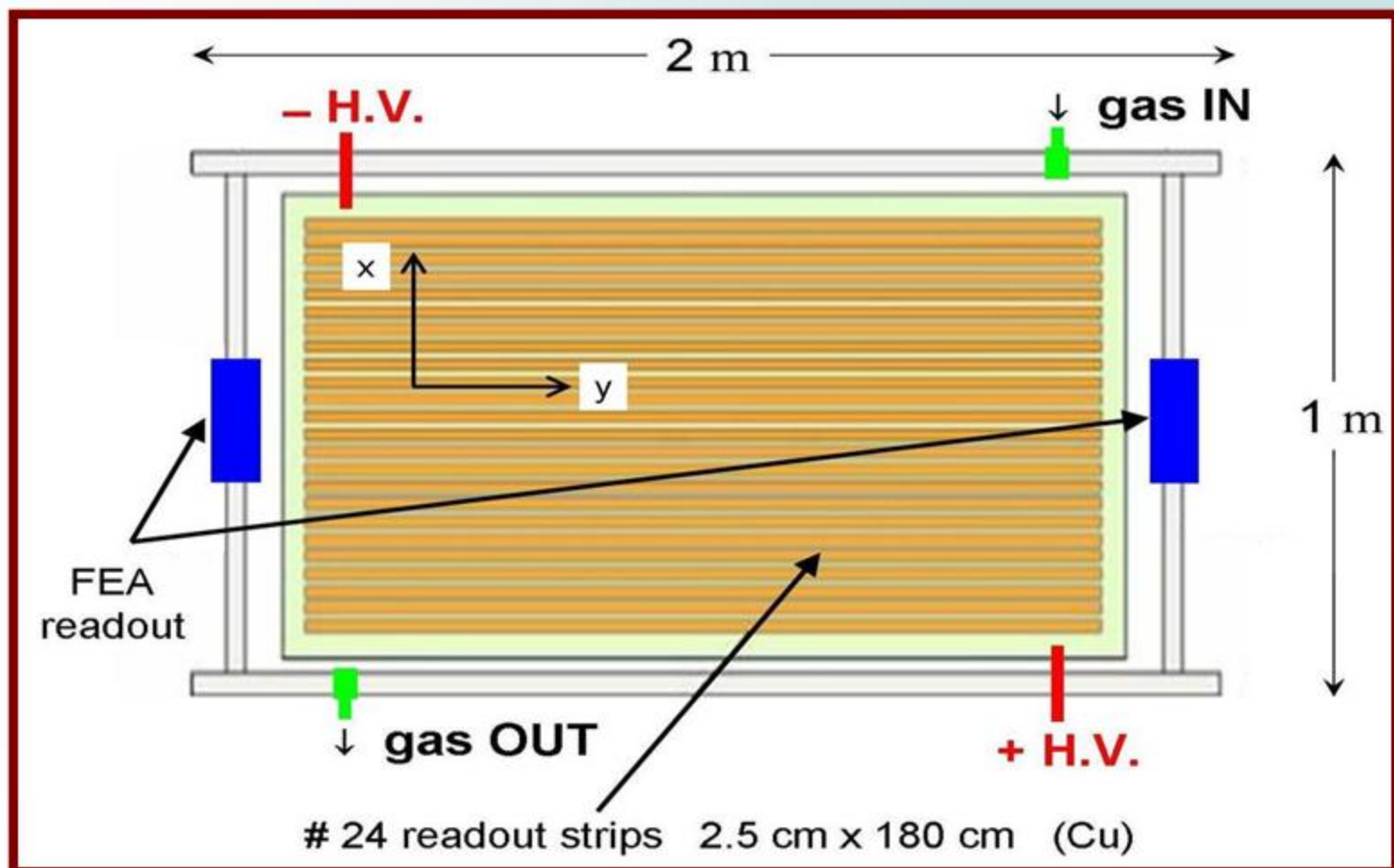




# Il Progetto EEE: il rivelatore

Struttura della Multi-gap Resistive Plate Chamber del Progetto EEE: camere a ionizzazione con buona risoluzione spaziale e temporale simili a quelle progettate per il TOF dell'esperimento Alice all'acceleratore LHC

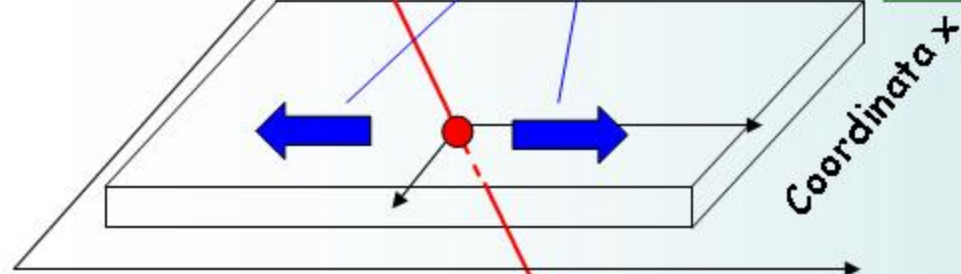
VISIONE  
dall'ALTO



# Il Progetto EEE: il rivelatore

## SEGNALE ELETTRICO

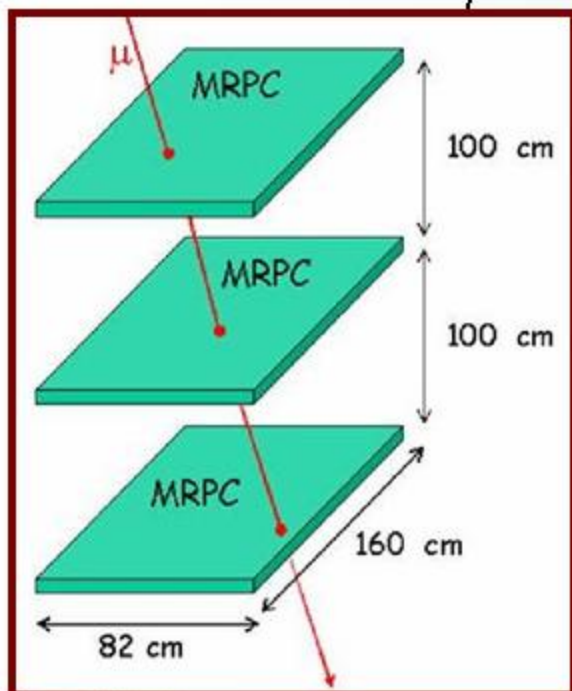
Le MRPC permettono l'identificazione delle coordinate del punto di impatto del muone



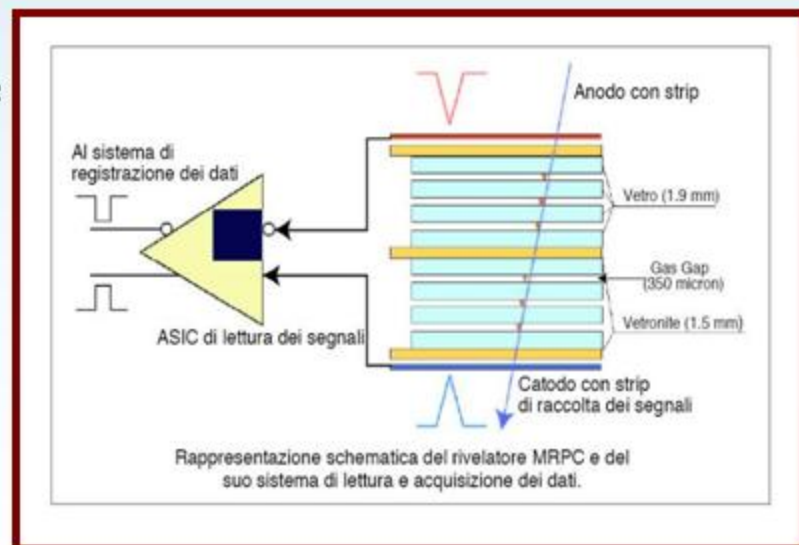
**Coordinata  $x$**  è determinata dalla posizione della strip colpita dalla particella incidente.

**Coordinata  $y$**  è determinata dalla differenza dei tempi di arrivo del segnale alle due estremità.

Coordinata  $y$



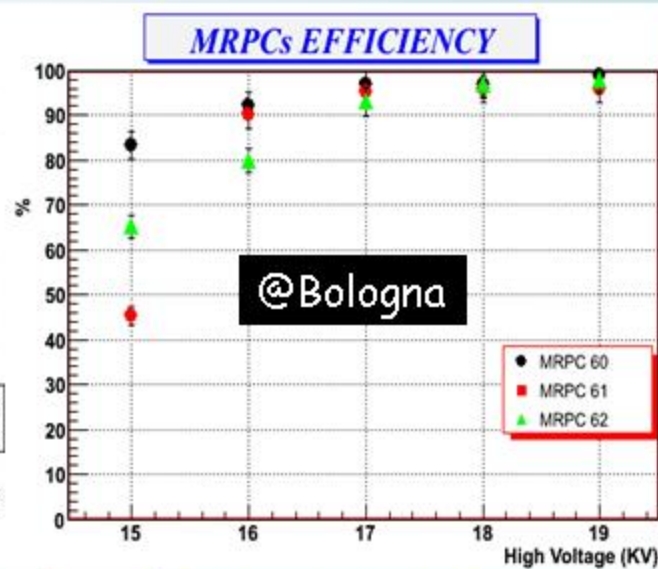
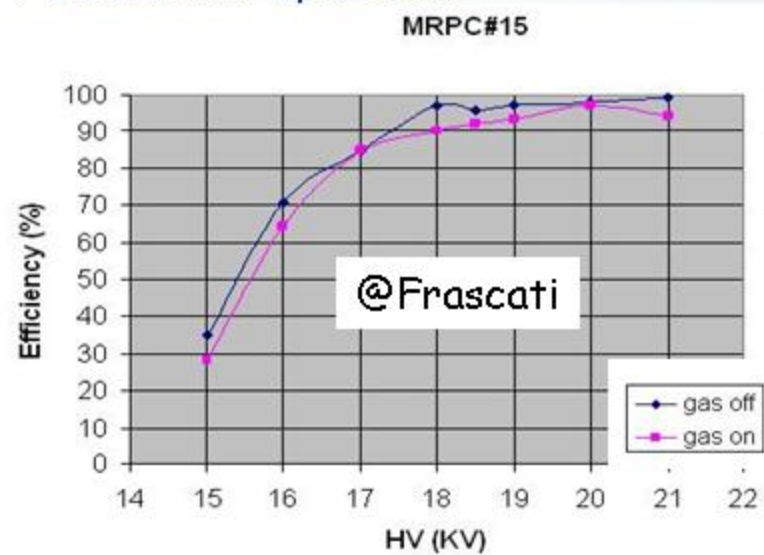
Ogni camera fornisce le 2 coordinate ( $x, y$ ) del punto di passaggio del muone; utilizzando le informazioni delle 3 camere possiamo ricostruire con ottima risoluzione la direzione del muone.



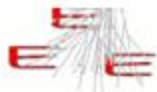
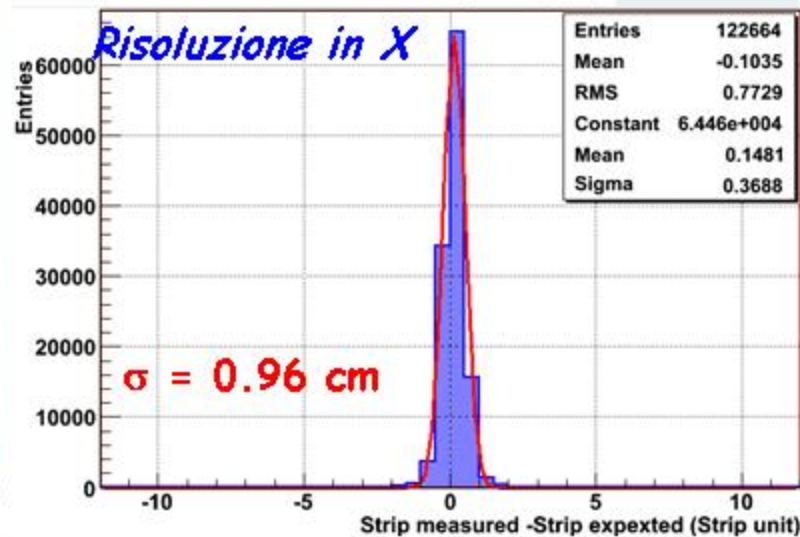
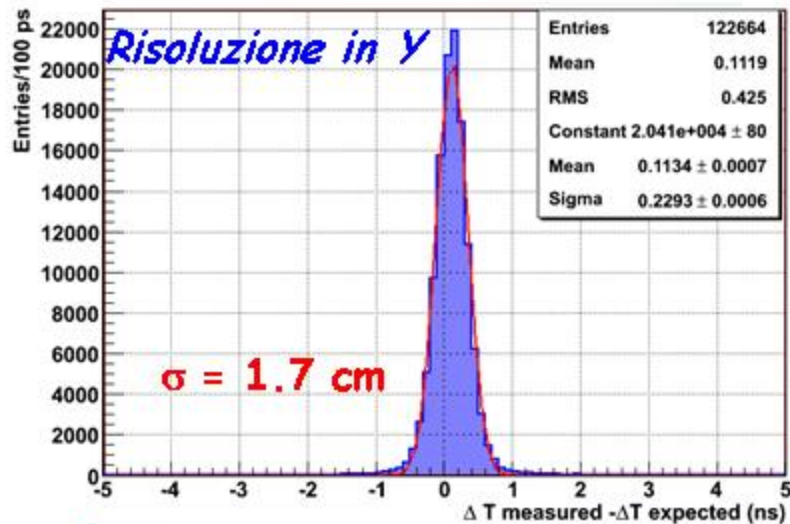


# Il Progetto EEE: misure

Prima dell'installazione presso le scuole sono stati effettuati tests di efficienza e di risoluzione spaziale.



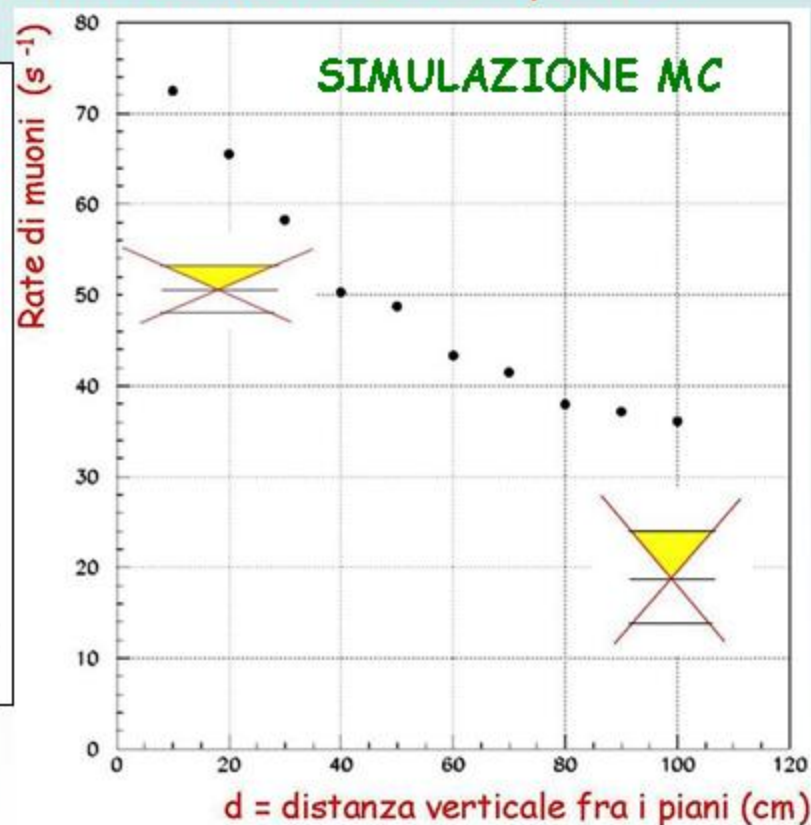
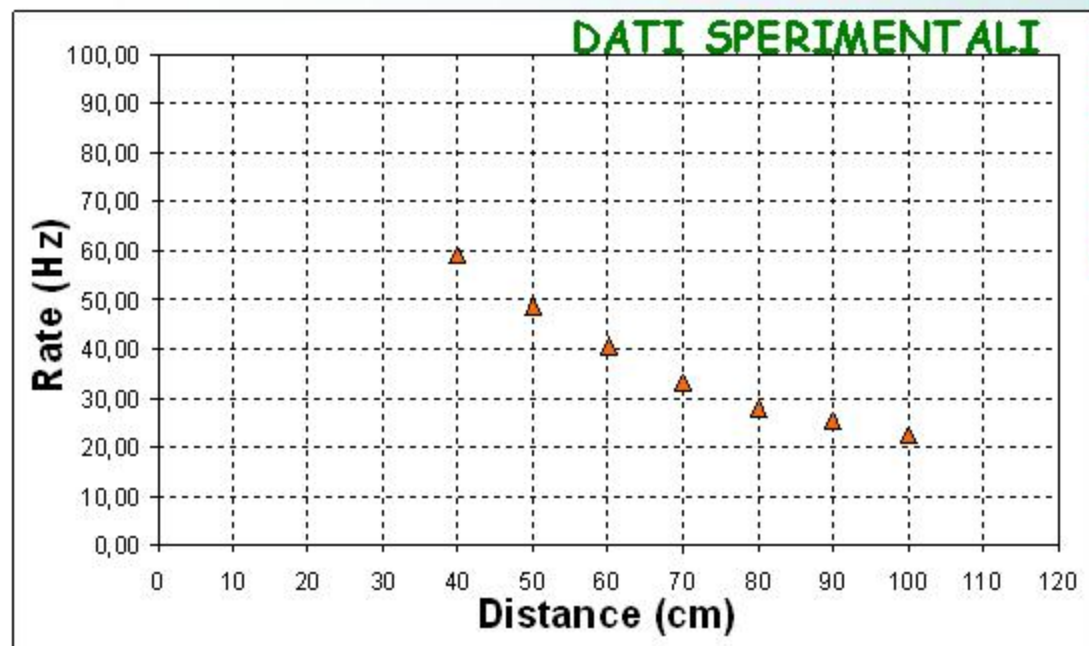
Tutte le camere testate mostrano un'efficienza del 95% a 18 kV di potenziale applicato



# Il Progetto EEE: misure

## Rate di rivelazione vs. distanza tra le MRPC

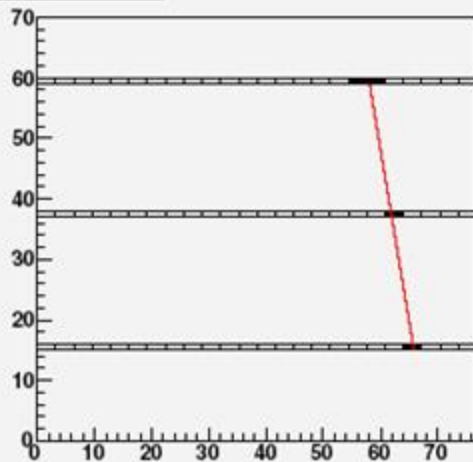
La struttura meccanica di sostegno del telescopio è dotata di un sistema di movimentazione che permette di variare la distanza tra le camere da 40 cm a 100 cm. Ciò permette di misurare il rate di muoni in funzione dell'interdistanza tra i piani sensibili. Il risultato è in accordo con la simulazione Monte Carlo riportata.



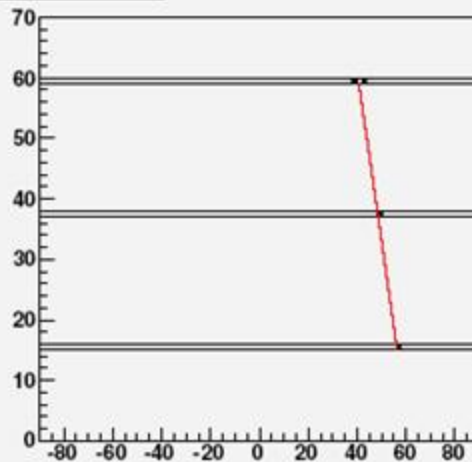


# Il Progetto EEE: ricostruzione di tracce

X-Z projection



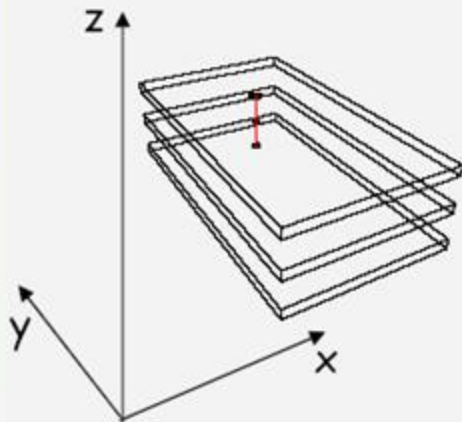
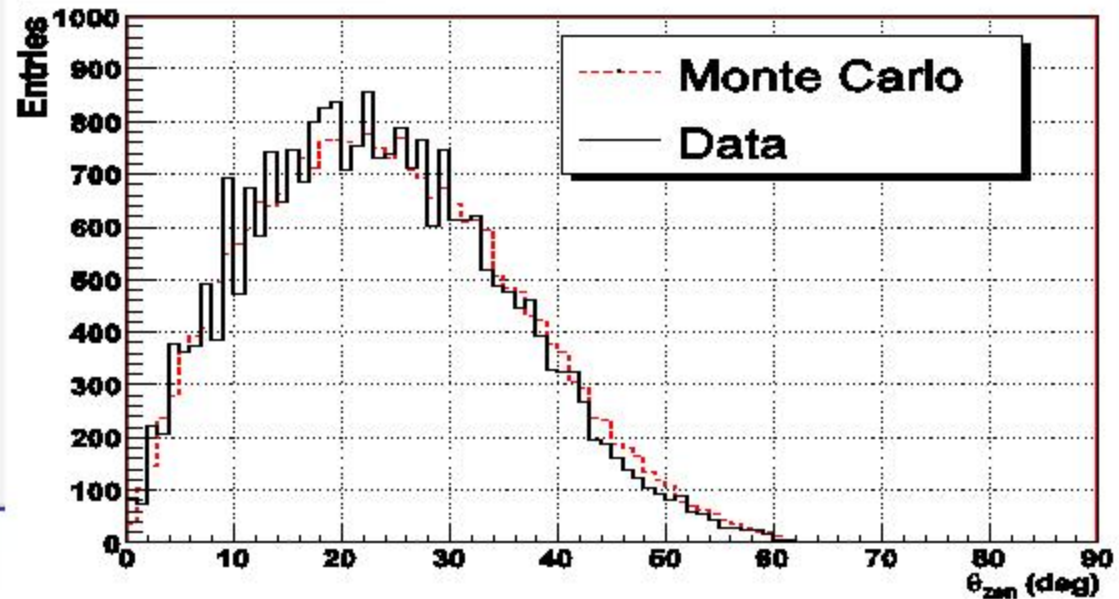
Y-Z projection



Traccia di muone  
ricostruita

Angolo zenitale  
del muone

Muon Zenith angle



# Conclusioni

- Il Progetto EEE vuole portare la Scienza nel cuore dei giovani attraverso lo studio dei Raggi Cosmici utilizzando un rivelatore di frontiera costruito e messo in funzione da loro stessi.
- L'esperimento è iniziato operativamente nel 2005 con la costruzione e la messa in funzione dei primi telescopi; ad oggi sono stati costruiti 72 MRPC.
- L'installazione nelle scuole è iniziata nel 2006 e si prevede che entro la fine del 2007 le 7 città pilota abbiano 1-3 telescopi in acquisizione dati.
- Tutti i rivelatori testati mostrano una buona efficienza di rivelazione e una soddisfacente risoluzione spaziale.
- Terminata l'installazione dei 24 telescopi si procederà ad ingrandire il network di rivelazione.
- La sincronizzazione GPS dei telescopi distanti permetterà la ricerca di possibili eventi in coincidenza temporale.

