

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA “LA SAPIENZA”
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea Specialistica in
“FISICA”

RICERCA DI ANTIDEUTONI NELLO
SPAZIO E DISCRIMINAZIONE DAL
FONDO DI ANTIPROTONI, CON
L’ESPERIMENTO AMS 2

CANDIDATA:

Valentina Zambrano

RELATORE:

Prof. Bruno Borgia

CORRELATORE:

Dott. Mariusz Sapinski

ANNO ACCADEMICO 2005-2006

INDICE

1) Introduzione.....	4
2) La Radiazione Cosmica.....	5
2.1) Lo spettro dei RC.....	7
2.2) La materia oscura ed il suo rivelamento tramite i Raggi Cosmici.....	9
2.3) L'antideuterio nei Raggi Cosmici.....	12
2.4) Gli antiprotoni nei Raggi Cosmici.....	15
3) L'esperimento AMS 2.....	17
3.1) Il rivelatore a radiazione di transizione (TRD).....	19
3.2) Il sistema per la misura del tempo di volo (TOF).....	21
3.3) Lo spettrometro magnetico: magneti + tracciante al Silicio (TRK).....	23
3.4) I contatori anticoincidenza.....	25
3.5) Il rivelatore per la radiazione Cerenkov (RICH).....	26
3.6) Il calorimetro elettromagnetico (ECAL).....	28
4) Analisi sul campione di antiprotoni e deutoni.....	30
4.1) Il campione.....	31
4.2) Preselezione.....	32
4.3) Selezione.....	34
4.3.1) Selezione con il TRK.....	34
4.3.2) Selezione con il TRD.....	36
4.4) Selezione con il TOF.....	38
4.4.1) Numero di TOF cluster non usati per la misura di β	38
4.4.2) Numero di piani del TOF accesi.....	41
4.4.3) Distanza tra i TOF cluster e l'estrapolazione della traccia ricostruita dal TRK.....	44
4.4.4) Valore di β	53

4.4.5) Risultato complessivo per il TOF.....	58
5) Risultati.....	59
6) Conclusioni.....	67
APPENDICE: Il codice.....	68
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	88

1. Introduzione

Questa tesi di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Nucleare e Subnucleare, è stata elaborata sulla base delle simulazioni Monte Carlo dell'interazione di particelle con l'esperimento AMS 2. L'obiettivo di questo lavoro è la discriminazione del segnale di antideutoni dal fondo di antiprotoni. Tale lavoro è stato supervisionato dal Prof. B. Borgia e dal Dott. M. Sapinski.

In questo lavoro di tesi è riportato il procedimento di discriminazione del fondo di antiprotoni per l'analisi del segnale dell'antideuterio nell'esperimento AMS 2. Questo esperimento consiste in uno spettrometro magnetico equipaggiato da sei rivelatori e verrà montato sulla Stazione Spaziale Internazionale nel prossimo 2008 dove rimarrà per un periodo di tre anni.

La tesi è così suddivisa:

- Breve introduzione ai Raggi Cosmici, antiprotoni ed antideutoni.
- Descrizione dell'apparato sperimentale di AMS 2.
- Analisi e risultati della selezione operata su eventi simulati col metodo Monte Carlo.

2. La Radiazione Cosmica

La Radiazione Cosmica è una radiazione naturale proveniente dal cosmo. Essa può essere di due tipi: primaria (RCP) e secondaria (RCS) [1, 2]. La prima è costituita da particelle provenienti da sorgenti astrofisiche ed ha in parte origine solare (RC di bassa energia), galattica ed in piccola parte anche extra-galattica (RC di altissima energia) [3]. Essa è, inoltre, costituita da:

- p: protoni ~86% (in minima parte antiprotoni);
- α : elio ~11%;
- L: elementi leggeri (Li, Be, B);
- M: elementi medi (C, N, O, F);
- H: elementi pesanti ($Z > 10$);
- e^- : elettroni e positroni ~2%;
- γ : fotoni;
- ν : neutrini.

Le particelle della radiazione Cosmica secondaria si formano nel Mezzo Interstellare (come prodotti di reazioni tra RCP e gas interstellare), oppure nell'atmosfera terrestre. Di queste si possono considerare diverse componenti:

- componente nucleare attiva (π , K, n, p);
- componente muonica (μ^+ , μ^-);
- componente elettrofotonica (e^+ , e^- , γ).

La componente atmosferica della RCS ha una bassa rigidità e viene quindi intrappolata nel campo geomagnetico. La RCS si può, inoltre, dividere in due gruppi:

- componente dura (in grado di attraversare uno spessore di 10 cm di Pb)

- componente molle (assorbita da 10 cm di Pb)

La Radiazione Cosmica consiste in un flusso di particelle provenienti dallo spazio e, alla quota della Stazione Spaziale Internazionale (~400 Km), essa risente degli effetti dovuti al campo magnetico terrestre ed al vento solare.

Dal momento che il campo magnetico terrestre è un dipolo, si genera il cosiddetto cutoff geomagnetico. Questo è il valore minimo che può assumere la rigidità di una particella cosmica perchè riesca ad attraversare il campo geomagnetico ed essere quindi rivelata da AMS 2. Il cutoff geomagnetico dipende dalla latitudine; all'equatore, infatti, particelle con una rigidità minore di ~10 GV vengono deviate, mentre i poli magnetici possono essere raggiunti da particelle con qualsiasi rigidità.

Il vento solare, invece, agisce sui RC spazzando via le particelle che arrivano vicino alla magnetosfera terrestre ed alterando le linee di forza del campo magnetico (effetto maggiormente evidente quando il Sole si trova nel periodo del ciclo più attivo). Quantitativamente si ha:

$$E^{\oplus} = E^{ISM} - |Z|e\phi_{\odot} \quad (1)$$

dove $E^{\oplus}$ è l'energia misurata quando la particella raggiunge l'atmosfera terrestre, E^{ISM} è l'energia della particella sulla corona solare, $|Z|e$ è la carica della particella e $\phi_{\odot}$ è il potenziale di modulazione solare che dipende dal ciclo di attività del Sole (assume valori tipici da ~300MV a ~800MV) [4].

I Raggi Cosmici pur essendo composti sia da materia sia da antimateria, sebbene in misure diverse, non hanno sufficiente energia per produrre nuclei antielio, pertanto questi non sono mai stati osservati. Al contrario gli antiprotoni sono presenti in abbondanza relativa nei RC. Essi costituiscono, infatti, il fondo per il segnale degli antideutoni ed è proprio l'argomento principe di questa tesi la loro discriminazione dal segnale.

2.1. Lo spettro dei RC

Lo spettro della Radiazione Cosmica segue l'andamento riportato in figura 1:

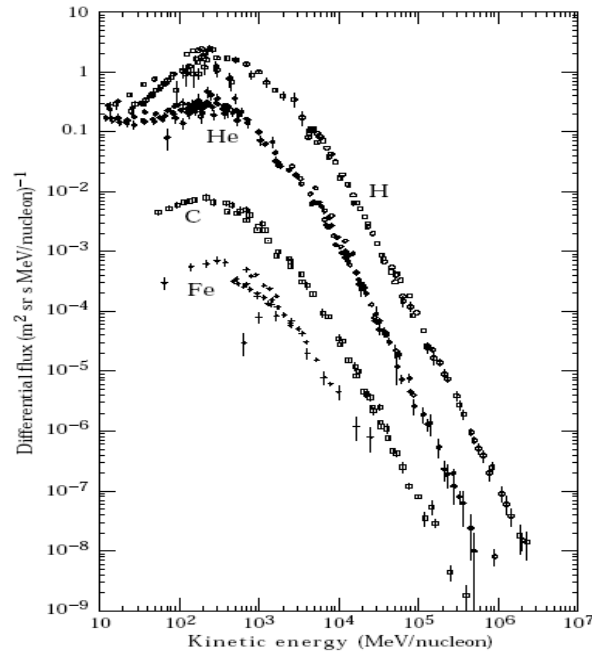


Figura 1: Spettro degli elementi principali costituenti la Radiazione Cosmica, in un intervallo energetico da 10 MeV/nucleone a 10⁷ MeV/nucleone.

Dalla figura 1 si nota il seguente andamento: a partire da energie di qualche GeV in poi lo spettro del flusso dei Raggi Cosmici primari è ben descritto da una legge di potenza nella forma:

$$\phi = E^{-s} \quad (2)$$

dove E è l'energia della particella e s , detto indice spettrale, vale 2.7 fino a valori di energia di $\sim 10^{13}$ eV, come si nota dalla figura 1. Nell'intervallo tra ($10^{15} \div 10^{16}$) eV vi è il cosiddetto “ginocchio”, ovvero un cambiamento di indice spettrale, come si vede in figura 2. Per spiegare questo fenomeno vi sono molte ipotesi. Una di queste ipotesi è che il “ginocchio” sia generato dalla diversità tra le sorgenti astrofisiche galattiche ed extragalattiche.

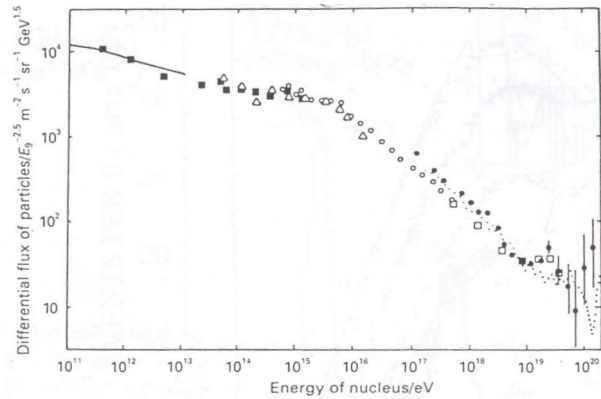


Figura 2: Spettro della Radiazione Cosmica in un intervallo di enrgia cinetica da 10^{11} energia/eV a 10^{20} energia/eV.

Per energie ancora più alte, ($10^{19} \div 10^{20}$) eV, lo spettro dei Raggi Cosmici torna ad essere meno ripido, dando luogo ad un'ulteriore variazione dell'indice spettrale ($s=3.0$). Questa variazione di indice spettrale viene detta “caviglia”. Al di sopra di questi valori i dati raccolti sono molto incerti, pertanto non è possibile definire correttamente l'andamento dello spettro.

Il picco dello spettro si trova a ~ 0.5 GeV e l'andamento tra ($10^2 \div 10^3$) MeV è fortemente influenzato dagli effetti di modulazione solare.

L'intervallo di energie che è stato preso in considerazione per questo lavoro è $\sim (1 \text{ GeV} \div 1 \text{ TeV})$. Questo è l'intervallo energetico misurabile con AMS 2.

2.2. La materia oscura ed il suo rivelamento tramite i Raggi Cosmici.

Uno degli obiettivi più importanti dell'esperimento AMS 2 è quello della ricerca della materia oscura nello spazio. La materia oscura non è stata mai osservata ma ci sono molte argomentazioni circa la sua esistenza. Una di queste argomentazioni proviene dal calcolo della massa delle galassie, il quale si può effettuare in due modi:

- sommando la massa di tutte le stelle e della materia interstellare presenti all'interno della galassia;
- misurando la distanza e la velocità delle stelle attorno al centro della galassia.

In quest'ultimo caso si eguaglia la forza centrifuga a quella di attrazione gravitazionale:

$$\frac{GmM_G}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \quad (3)$$

dove m è la massa della stella, R la sua distanza dal centro della galassia e M_G è la massa della stessa galassia (ovvero la massa contenuta entro un volume di raggio R pari al suo raggio). Dalla (3) si può ricavare la massa della galassia. Si trova che la massa gravitazionale così calcolata è circa cinque volte maggiore rispetto a quella calcolata nel primo modo. Le stesse considerazioni si possono fare per le strutture più grandi, come ad esempio gli ammassi di galassie.

Se si riporta in un grafico la relazione (3) si ottengono le cosiddette curve di rotazione delle galassie, in figura 3 viene riportato l'andamento della velocità in funzione della distanza. Dalla figura 3 si osserva che i dati sperimentali, in rosso, non sono in accordo con ciò che ci si aspetta dall'equazione (3), in nero, anzi tutto ciò porta a concludere che la materia visibile si trovi in realtà all'interno di un alone massivo di materia oscura.

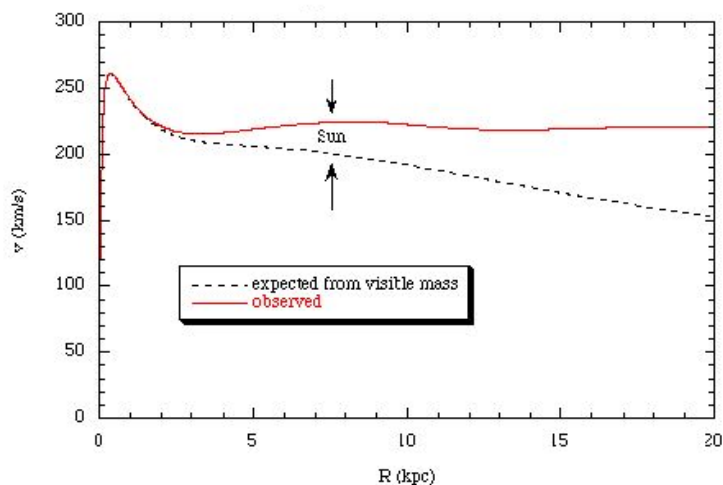


Figura 3: Curva di rotazione della nostra galassia. La linea in rosso rappresenta ciò che si osserva sperimentalmente, mentre la linea tratteggiata in nero è ciò che ci si aspetta dall'equazione (3).

Altre osservazioni sull'esistenza della materia oscura provengono da fenomeni quali la cosiddetta “lente gravitazionale”. Quest’ultimo fenomeno consiste nella deflessione di un fotone da parte di un campo gravitazionale generato da una massa M . Pertanto dalla curvatura della traiettoria della luce (ovvero dalla distanza tra l’oggetto reale e la sua immagine percepita dall’osservatore) si può risalire al valore della massa (di materia oscura) in questione.

Da tutti questi risultati si può dunque affermare che nell'Universo esiste un tipo di materia che si manifesta solo tramite i suoi effetti gravitazionali e non emette radiazione elettromagnetica rivelabile.

Dai calcoli sulla nucleosintesi primordiale degli elementi più leggeri e dalle osservazioni precedenti si trova che la densità totale di materia risulta essere $\Omega_M=0.3$, ovvero il 30% della densità critica dell'Universo. Si stima inoltre che la materia barionica ha una densità pari a circa $\Omega_B=0.04$. Circa il 90% della materia non è rivelabile tramite emissioni elettromagnetiche.

Tra le ipotesi più accreditate c'è quella secondo cui la materia oscura è composta prevalentemente da WIMP (Weakly Interacting Massive Particle), particelle neutre e stabili

che interagiscono debolmente con la materia normale solo tramite la gravità e la forza nucleare debole. Tali particelle fanno parte della materia esotica, ovvero non barionica, e vengono ipotizzate per spiegare l'esistenza della materia oscura fredda. Quest'ultima è costituita da particelle non relativistiche ed assume un ruolo fondamentale nella formazione delle strutture degli aloni galattici, la cui esistenza è messa in evidenza dalle curve di rotazione. Poichè le particelle candidate alla materia oscura fredda non possono interagire in maniera elettromagnetica, esse devono essere sprovviste di carica elettrica.

Nei modelli supersimmetrici esistono diverse particelle candidate ad essere di tipo WIMP. Una di esse è il neutralino χ , sovrapposizione di stati di particelle:

$$\chi^0 = N_1 \tilde{\gamma} + N_2 \tilde{Z}^0 + N_3 \tilde{H}_1^0 + N_4 \tilde{H}_2^0 \quad (4)$$

dove $\tilde{\gamma}$ e $\tilde{Z}^0$ sono due gaugini, mentre $\tilde{H}_1^0$ e $\tilde{H}_2^0$ sono due stati dell'higgsino previsti dalla teoria. I coefficienti di questa combinazione sono tali che:

$$\sum |N_i|^2 = 1 \quad (5)$$

La massa di uno degli autostati del neutralino è inferiore a quella di tutte le altre particelle supersimmetriche [5, 6]. Il limite inferiore della massa di questa particella è di $32 \text{ GeV}/c^2$, al 95% di C.L., come calcolato a LEP dall'esperimento L3.

Nel modello supersimmetrico il neutralino deve essere prodotto in coppia con la sua antiparticella conservando la R-parità, che si scrive:

$$R = (-1)^{3(B-L)+2S} \quad (6)$$

dove B, L e S sono rispettivamente i numeri barionico, leptonico e lo spin. La (6) vale -1 nel caso di particelle supersimmetriche.

Inoltre il neutralino è una particella di Majorana, ovvero coincide con la sua antiparticella. Pertanto sono possibili le annichilazioni di tipo $\chi \chi$. Vi sono due canali principali di annichilazione:

$$\chi\chi \rightarrow b \bar{b} ;$$

$$\chi\chi \rightarrow W^+ W^-.$$

A causa dei processi ulteriori di adronizzazione e decadimento si giunge alla produzione di molte particelle. Alcune di queste particelle prodotte hanno un ruolo di rilievo in questa tesi, esse sono i neutroni, i protoni e le loro antiparticelle. Deutoni ed antiprotoni sono, infatti,

largamente trattati in questo lavoro.

Nel modello di coalescenza se due nucleoni o antinucleoni hanno un'energia cinetica inferiore all'energia di legame si può avere la produzione di deutoni o antideutoni [7]. Ciò viene espresso tramite la relazione:

$$E_{k,1}+E_{k,2}<2.224 \text{ MeV} \quad (7)$$

dove $E_{k,i}$ è l'energia cinetica dei due nucleoni e 2.224 MeV corrisponde all'energia di legame del deuterio.

Esistono due tipi di approccio per la rivelazione della materia oscura. L'approccio diretto, utilizzato per esempio negli esperimenti DAMA, EDELWEISS e CDMS, consiste in una misura dell'energia e della direzione di rinculo dei nucleoni che interagiscono con la materia oscura. Al contrario l'approccio indiretto, utilizzato ad esempio da AMS 2, EGRET, PAMELA e GLAST consiste nell'osservare gli effetti della materia oscura nello spettro dei RC.

2.3. L'antideuterio nei Raggi Cosmici

Un antideutone è costituito da un antiprotone ed un antineutrone e ha massa pari a $m_D = 1.8778707 \text{ GeV}/c^2$. Essi non sono stati mai rivelati nei Raggi Cosmici. Si pensa però che esista una piccola componente che può avere origine da [4, 8, 9, 10]:

- interazioni dei RC con le particelle del ISM;
- interazioni della materia oscura (modello supersimmetrico).

In questa tesi non si prende in considerazione l'eventuale presenza di antimateria primordiale e quindi anche di antideutoni.

In figura 4 sono riportati i flussi delle principali componenti dei RC ed il flusso che ci si aspetta per gli antideutoni prodotti in interazioni RC – ISM.

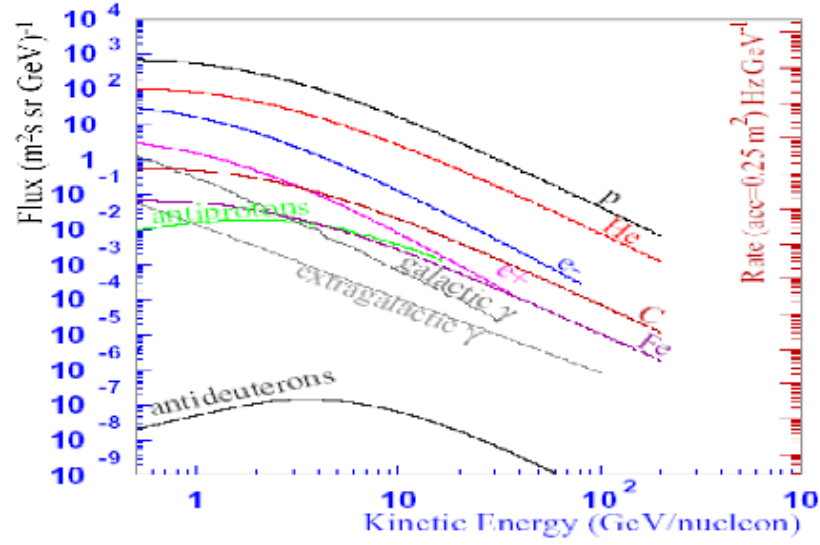


Figura 4: Spettro della radiazione cosmica ed antideutoni.

I principali processi di produzione degli antideutoni sono:

$$p_{RC} N_{ISM} \rightarrow \bar{D} X$$

dove N è un nucleone,

$$p_{RC} \bar{p}_{ISM} \rightarrow \bar{D} X;$$

infine ci sono processi meno rilevanti come:

$$\bar{p}_{RC} {}^4\text{He}_{ISM} \rightarrow \bar{D} X.$$

In queste reazioni l'antideutone può essere prodotto solo se il protone cosmico ha un momento maggiore di 17 GeV/c rispetto alla particella del ISM, nel sistema di riferimento in cui quest'ultima è ferma [4]. Ci si aspetta, dunque, che lo spettro degli antideutoni di bassa energia sia prevalentemente nullo e che aumenti per energie crescenti.

In figura 5 è riportato il flusso calcolato per gli antideutoni, considerando anche i contributi dovuti alla materia oscura attraverso l'annichilazione $\chi\chi$ [4, 11].

Dalla figura 5 si nota che il contributo agli antideutoni, con energie inferiori a ~ 2 GeV/nucleone, dovuto alle reazioni protone (RC) - protone (ISM), linea marcata, è molto più piccolo rispetto a quello previsto dall'annichilazione di due neutralini.

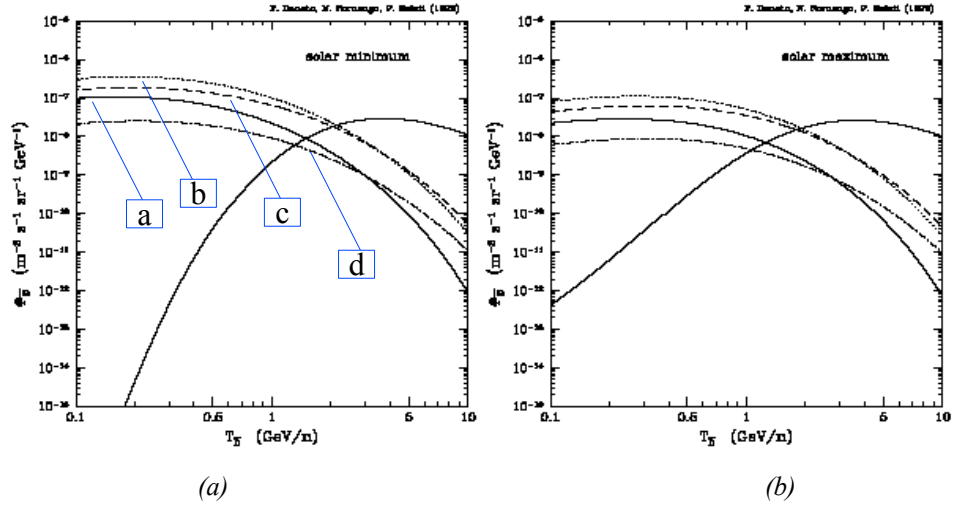


Figura 5: Le componenti del grafico rappresentano: la linea marcata è la componente di produzione degli antideutoni dovuta alle reazioni protone (RC) - protone (ISM), le altre linee rappresentano i contributi agli antideutoni al variare dei parametri del modello, riportate in tabella 1. Al minimo del ciclo solare (a). Al massimo del ciclo solare (b). La differenza tra le due figure (a) e (b) proviene dall'equazione (1).

Nella tabella 1 sono riportati i valori dei parametri del MSSM (Minimal Supersymmetric Standard Model) corrispondenti alla figura 5, dove la terza e la quarta colonna rappresentano rispettivamente la percentuale di gaugino, ovvero la percentuale del contributo dei termini di gaugino nella (4), e la densità cosmologica di neutralino.

Linea	Massa χ (GeV/c ²)	% Gaugino	Ω_χ
a	36.5	96.9	0.20
b	61.2	95.3	0.13
c	90.4	53.7	0.03
d	120	98.9	0.53

Tabella 1: Le colonne rappresentano rispettivamente: le linee riportate in figura 5, la massa del neutralino tenendo conto che con il 95% di C.L. il suo limite inferiore è di 32 GeV/c² (misurato a LEP, con L3), la percentuale del contributo dei termini di gaugino nella (4), la densità cosmologica normalizzata di neutralino.

La densità cosmologica di neutralino è la densità normalizzata con la quella critica dell'Universo, la quale si scrive:

$$\rho_c = 3H^2/8\pi G \quad (8)$$

dove H è la costante di Hubble e G è la costante gravitazionale.

2.4. Gli antiprotoni nei Raggi Cosmici

Gli antiprotoni ($m_{\bar{p}} = 0.9382976 \text{ GeV}/c^2$) rappresentano il principale fondo nella ricerca degli antideutoni. Essi hanno infatti la stessa carica degli antideutoni ed una massa dello stesso ordine di grandezza di questi ultimi. In figura 6 sono riportati i risultati dei principali esperimenti sugli antiprotoni cosmici. Si nota che i dati raccolti sono in accordo con la teoria (linea marcata), pertanto ad energie dell'ordine dei 10 GeV non vi è traccia di alcun processo esotico [12].

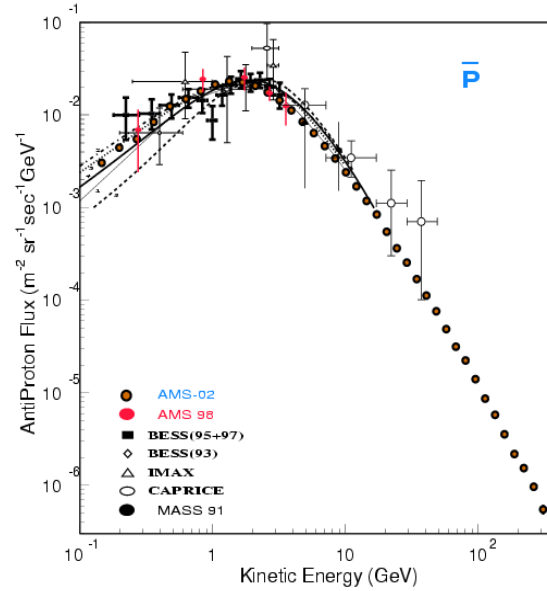


Figura 6: Flusso di antiprotoni rivelato dagli esperimenti AMS I (pallini arancioni e rossi), BESS (rettangoli neri e rombi), IMAX (triangoli), CAPRICE (pallini bianchi), MASS (pallini neri).

La componente dominante dello spettro degli antiprotoni cosmici proviene dall'interazione tra RC e mezzo interstellare [7, 12]. Il principale processo di produzione degli antiprotoni è:
 $p_{RC} p_{ISM} \rightarrow \bar{p} X$.

I contributi delle diverse reazioni RC - ISM per la produzione di antiprotoni sono [7]:

- $p_{RC} p_{ISM}$: 56%;
- $p_{RC} He_{ISM}$: 24%;
- $He_{RC} p_{ISM}$: 12%;
- $He_{RC} He_{ISM}$: 6%;
- $p_{RC} N_{ISM}$ (p C, p N, p O, ...). 2%.

Esiste inoltre il processo di produzione di antiprotoni attraverso la materia oscura, nelle annichilazioni $\chi \chi$. A differenza di quanto accade per gli antideutoni questo processo sembrerebbe iniziare ad energie cinetiche relativamente alte $\sim (10\div 20)$ GeV.

3. L'esperimento AMS 2

Nel 1998 la collaborazione ha costruito un apparato sperimentale di prova, AMS 1. Esso ha preso dati a bordo dello shuttle Discovery per un periodo di dieci giorni, dal 2 al 12 giugno dello stesso anno [4, 13]. I dati raccolti da AMS 1 sono stati analizzati e tra i risultati si può citare lo spettro di antiprotoni riportato in figura 6 (contrassegnato con AMS 98). Questo esperimento non ha identificato nessun segnale relativo agli antideutoni [4].

L'esperimento AMS 2, mostrato in figura 7, è uno spettrometro magnetico con un'accettanza geometrica di $\sim 0.5 \text{ m}^2 \text{ sr}$. Esso misurerà precisamente RC con valore di rigidità compresa tra 1 GV e 2 TV. Tale esperimento verrà posizionato sulla Stazione Spaziale Internazionale nel prossimo 2008 e prenderà dati per un periodo di tre anni [14, 15, 16].

Attraverso lo studio della Radiazione Cosmica con AMS 2 si cercherà di rivelare:

- l'esistenza della materia oscura (indirettamente);
- l'esistenza dell'antimateria nell'Universo.

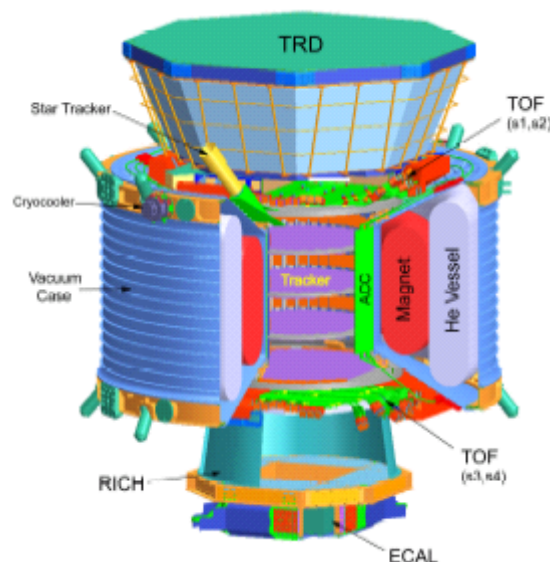


Figura 7: L'esperimento AMS 2.

L'esperimento AMS 2 è costituito da [17, 18, 19]:

- Un rivelatore a Radiazione di Transizione (Transition Radiation Detector - TRD).
- Due rivelatori per la misura del tempo di volo e quindi della velocità delle particelle (Time Of Flight - TOF).
- Un magnete superconduttore.
- Un Tracciatore al Silicio per la ricostruzione spaziale delle traiettorie delle particelle (Silicon Tracker - TRK).
- Contatori anticoincidenza per discriminare eventi che contengono traiettorie fuori dal volume di fiducia.
- Un rivelatore per la rivelazione della radiazione Cerenkov (Ring Image Cerenkov - RICH).
- Un Calorimetro Elettromagnetico per la rivelazione di e^+ , e^- , γ (particelle elettromagnetiche) e misura delle rispettive energie (Electromagnetic Calorimeter - ECAL).

I diversi rivelatori elencati in precedenza vengono costruiti in laboratori presenti in tutto il mondo. Per quanto riguarda l'Italia, a Roma "La Sapienza" viene progettata l'elettronica del TRD, Perugia partecipa alla costruzione del TRK, Pisa all'ECAL e Bologna al TOF.

3.1. Il rivelatore a radiazione di transizione (TRD)

Il TRD, mostrato in figura 8, permette di separare gli elettroni, i quali emettono molta radiazione di transizione, dai protoni [20]. Esso è inoltre in grado di fornire informazioni sulla traiettoria delle particelle.

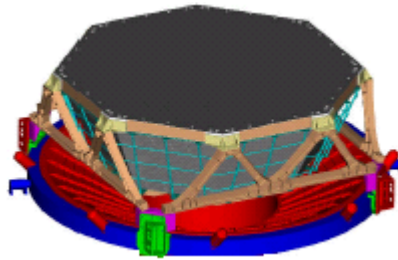


Figura 8: Il rivelatore a radiazione di transizione (TRD).

L'effetto che utilizza questo rivelatore è l'emissione della radiazione di transizione. Una particella carica che attraversa il TRD produce radiazione elettromagnetica, detta appunto radiazione di transizione. Tale radiazione è proporzionale al fattore di Lorentz γ della particella:

$$\gamma = E / mc^2 \quad (9)$$

dove E è l'energia della particella e m la sua massa a riposo. Questa radiazione si genera ogni qual volta una particella carica attraversa la superficie di separazione tra due mezzi aventi indici di rifrazione diversi. La probabilità di emettere radiazione di transizione nell'attraversare un'unica superficie di discontinuità è bassa (proporzionale alla costante di struttura fine $\alpha \sim 10^{-2}$) ed è per questo che è necessario utilizzare una struttura multistrato [21, 22]. In questo modo l'emissione di radiazione di transizione sarebbe proporzionale al numero di strati attraversati se non ci fosse l'assorbimento stesso della radiazione nel materiale attraversato. Il materiale dielettrico utilizzato per questo radiatore è il polietilene.

Nel TRD l'energia rivelata è dovuta non solo alla radiazione di transizione, bensì anche alla ionizzazione prodotta nel gas dei tubi proporzionali direttamente dalle particelle cariche. La radiazione di transizione è soprattutto emessa sotto forma di raggi X. Il segnale generato

da quest'ultima nel TRD è, quindi, maggiore di quello dovuto agli effetti di ionizzazione.

Il TRD è posizionato in una struttura ottagonale montata sul magnete superconduttore. Esso presenta una struttura multistrato ed ogni strato (in tutto venti) è composto da 20 mm di materiale radiatore e 6 mm di tubi proporzionali, i quali rivelano i fotoni emessi dalle particelle cariche. I tubi sono riempiti di gas, una miscela di Xe e CO₂ nella proporzione, rispettivamente, di 80% e 20%. Essi sono collegati ad una tensione di 1.5 kV.

La forma geometrica del TRD è tronco-conica. La lunghezza dei tubi, infatti, varia con l'altezza a cui essi si trovano: 2.0 m in cima, fino ad arrivare a 0.8 m.

Con un prototipo del TRD, nell'estate del 2000 al CERN, sono stati effettuati dei test sulla misura dei segnali generati da protoni ed elettroni aventi energie tra i 5 GeV ed i 250 GeV. In figura 9 è riportato per elettroni (in rosso) e protoni (in blu) l'energia (di transizione + ionizzazione) depositata per ogni tubo.

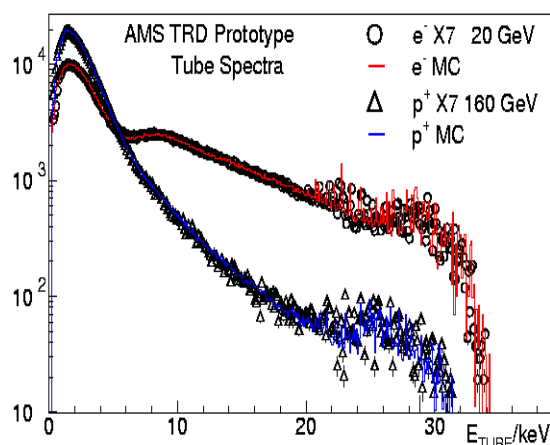


Figura 9: Andamento dell'energia depositata nel tubo. Per gli elettroni (in rosso) ed i protoni (in blu). Nel caso degli elettroni si nota una coda di alta energia corrispondente alla radiazione di transizione.

La figura 10 riporta il fattore di reiezione per i protoni, imponendo un'efficienza di rivelazione degli elettroni pari al 90%. [23]. Si nota che ad energie di 40 GeV il fattore di reiezione per i protoni è maggiore di 1000. Ciò significa che a tali energie vengono rigettati più del 99.9 degli eventi spuri (1/1000 protoni vengono rivelati erroneamente come elettroni). Ad energie di 200 GeV il fattore di reiezione è 200 e ciò corrisponde al rigetto del 99.5% dei protoni.

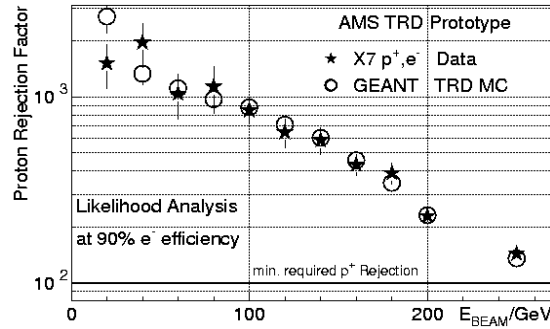


Figura 10: Andamento, in funzione dell'energia del fattore di reiezione per i protoni.

3.2. Il sistema per la misura del tempo di volo (TOF)

Il TOF, mostrato in figura 11, è progettato per misurare il tempo di volo (Time of Flight). Tale grandezza è definita come il tempo che impiega una particella carica a coprire la distanza che intercorre tra la metà superiore del TOF e quella inferiore. Il TOF permette dunque di misurare la velocità delle particelle che lo attraversano. È importante inoltre aggiungere che questo rivelatore fornisce il principale trigger dell'esperimento AMS 2.

Mediante questo rivelatore è, inoltre, possibile determinare la carica delle particelle che lo attraversano tramite l'energia depositata in esso.

Il tempo di volo è dato dalla relazione:

$$t_{TOF} = t_{down} - t_{up} \quad (10)$$

dove t_{down} e t_{up} sono rispettivamente i tempi registrati nelle metà inferiore e superiore del TOF. Pertanto se $t_{TOF} < 0$ la particella proviene dal basso.

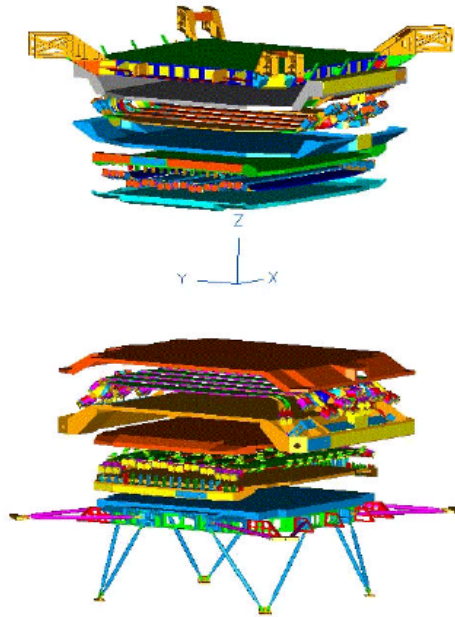


Figura 11: Il sistema per la misura del tempo di volo (TOF).

Mediante il TOF è possibile dunque misurare β della particella tramite la relazione:

$$\beta = \frac{L}{(c t_{TOF})} \quad (11)$$

dove t_{TOF} è il tempo di volo registrato nel TOF e L è la distanza tra i due piani del medesimo rivelatore. Dalla (11) si ricava la velocità delle particelle.

Questo rivelatore è costituito da quattro piani paralleli, situati alle estremità del magnete, parallelamente al campo. Due dei quattro piani del TOF si trovano nella metà superiore dell'esperimento AMS 2, mentre gli altri due nella metà inferiore. Ciascun piano è composto da 12 strisce di scintillatori, larghi 12 cm, disposti rispettivamente lungo le direzioni x (direzione di curvatura del campo magnetico), y , y , x . Alle due estremità di ogni scintillatore vi sono due fotomoltiplicatori collegati agli scintillatori tramite apposite guide di luce.

Il TOF è efficiente per rivelare particelle con un'energia cinetica inferiore a ~ 1.5 GeV.

Nell'estate del 2000 al CERN, sono stati effettuati dei test sulla misura del tempo di volo con il TOF. I risultati per la risoluzione temporale sono riportati in figura 12.

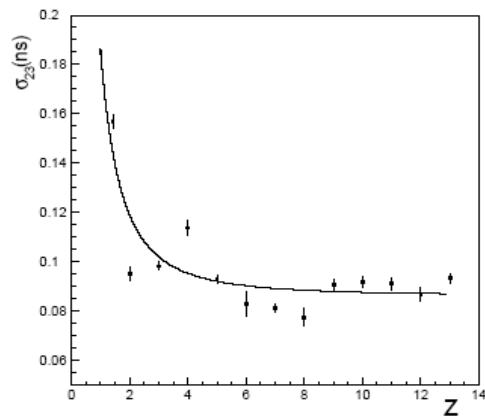


Figura 12: Risoluzione dei piani del TOF, coincidenza del secondo piano con il terzo in funzione della carica della particella.

La risoluzione temporale del TOF dipende dalla carica della particella. Per i protoni e per i deutoni si ha una risoluzione di ~ 180 ps, come si vede dalla figura 12.

3.3. Lo spettrometro magnetico: magnete + tracciatore al Silicio (TRK)

Il tracciatore al Silicio, mostrato in figura 13 (a), serve a determinare il segno della carica e la rigidità delle particelle, tramite la curvatura della loro traiettoria [24]. Esso può inoltre determinare la carica della particella tramite l'energia depositata da essa lungo la traccia. Questo rivelatore è immerso in un campo magnetico generato da un magnete superconduttore, illustrato in figura 13 (b).

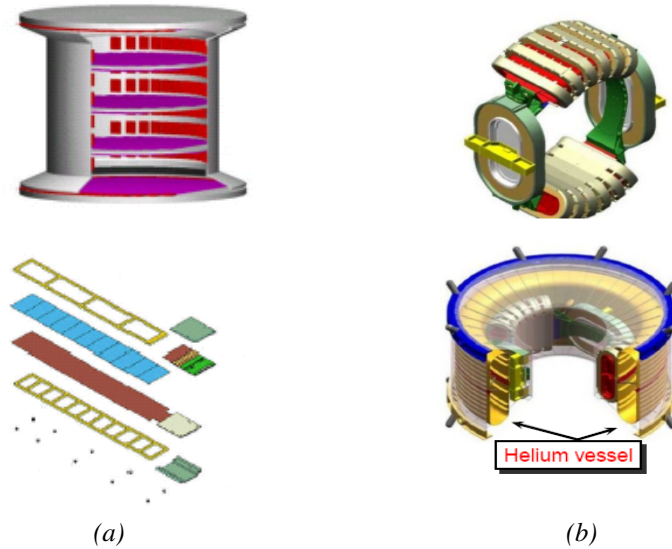


Figura 13: Struttura del tracciatore al Silicio (TRK) (a) e del magnete superconduttore (b).

Il magnete ($BL^2=0.86 \text{ T m}^2$) genera una curvatura nelle traiettorie delle particelle. Tale curvatura dipende dalle caratteristiche delle particelle stesse:

$$\rho = \frac{Pc}{(|q|B)} = \frac{R}{B} \quad (12)$$

dove ρ è il raggio di curvatura della traiettoria, P è il momento, q la carica, B il campo magnetico in cui essa è immersa e R è la sua rigidità.

Il magnete di AMS 2 ha un diametro interno di 1 m, un diametro esterno di 2.7 m ed un'altezza pari a 1.5 m. Perpendicolarmente all'asse del magnete vi sono otto strati di tracciatore al Silicio con superficie totale di $\sim 6.5 \text{ m}^2$. La risoluzione spaziale è di $\sim 10 \text{ }\mu\text{m}$ nella direzione di curvatura del campo magnetico e $\sim 30 \text{ }\mu\text{m}$ in quella perpendicolare.

Con il metodo Monte Carlo sono stata effettuata una simulazione della misura della rigidità con il TRK. I risultati ottenuti sono riportati in figura 14. Da questa figura si nota che la massima rigidità rivelabile è inferiore a 2 TV, in corrispondenza di un errore del 100%. La migliore risoluzione si ha per rigidità che vanno da circa 1 GV a 100 GV.

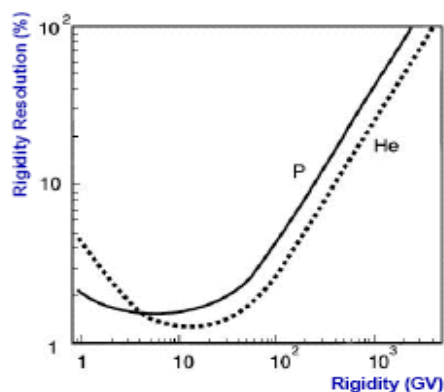


Figura 14: Risultato dei test effettuati sul TRK. Il grafico rappresenta la risoluzione della rigidità in funzione della rigidità stessa, per i protoni e per l'Elio.

3.4. I Contatori Anticoincidenza

I contatori anticoincidenza, mostrati in figura 15, sono situati sulla parete interna del magnete superconduttore. Essi rigettano gli eventi che interessano le pareti del rivelatore. Questi contatori sono importanti anche per il trigger dell'esperimento. Affinchè gli eventi superino il trigger si richiede, infatti, che essi presentino al massimo un segnale in questi rivelatori.

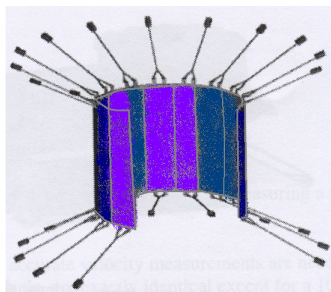


Figura 15: I contatori anticoincidenza.

I contatori anticoincidenza consistono in sedici moduli di materiale scintillatore a simmetria cilindrica. Essi hanno un'altezza pari a 832 mm ed uno spessore di 10 mm. Alle estremità degli scintillatori sono collegati, con apposite guide di luce, i fotomoltiplicatori.

3.5. Il rivelatore per la radiazione Cerenkov (RICH)

Il RICH (Ring Image CHERenkov detector), illustrato in figura 16, serve a determinare la velocità delle particelle che lo attraversano e la loro carica.

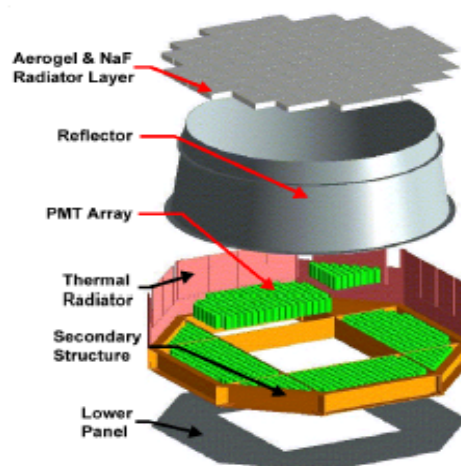


Figura 16: Il rivelatore per la radiazione Cerenkov (RICH).

L'effetto che questo rivelatore utilizza è la radiazione Cerenkov. Quando una particella carica attraversa un mezzo dielettrico con una velocità maggiore del rapporto c/n , ovvero maggiore della velocità della luce nel mezzo avente indice di rifrazione n , i dipoli degli atomi, che si diseccitano irraggiando dopo il passaggio della particella, si orientano in modo da avere un'emissione elettromagnetica coerente. Tale emissione forma un angolo θ_c con la direzione della velocità della particella.

Se al contrario accade che la velocità della particella nel mezzo sia minore del valore c/n ,

gli atomi si orientano in modo che la loro emissione elettromagnetica sia nulla.

Misurando le posizioni dei fotoni tramite una matrice di fotomoltiplicatori è possibile determinare la velocità e la traiettoria della particella ricostruendo l'immagine dell'anello di Cerenkov per cui vale:

$$\cos(\theta_C) = \frac{1}{(\beta n)} \quad (13)$$

dove θ_C è l'angolo di apertura del cono Cerenkov e n è l'indice di rifrazione del materiale radiatore nel RICH. In questo rivelatore, infatti, le particelle passano attraverso il materiale radiatore ed i fotoni irraggiati vengono rivelati da una matrice di fotomoltiplicatori. La velocità delle particelle viene determinata dalla lunghezza del raggio dell'anello di Cerenkov formato dai fotoni [21, 25].

Il RICH è efficiente per rivelare particelle con un'energia cinetica superiore ~ 0.5 GeV per il NaF ed a ~ 2 GeV nell'aerogel.

Tale rivelatore ha la forma di una superficie conica troncata, avente raggio superiore di 60 cm, raggio inferiore di 70 cm ed un'altezza pari a 60 cm. All'ingresso del RICH è posizionato un pannello di materiale radiatore (aerogel, con indice di rifrazione $n_A=1.03$ ed in piccola parte NaF, con $n_{NaF}=1.336$), con uno spessore di 3 cm. La matrice di fotomoltiplicatori presenta un buco quadrato, in modo tale da far passare le particelle direttamente nel calorimetro elettromagnetico.

In figura 17 è riportata la risoluzione in β in funzione della carica Z , ottenuta con dei test di calibrazione effettuati sul rivelatore.

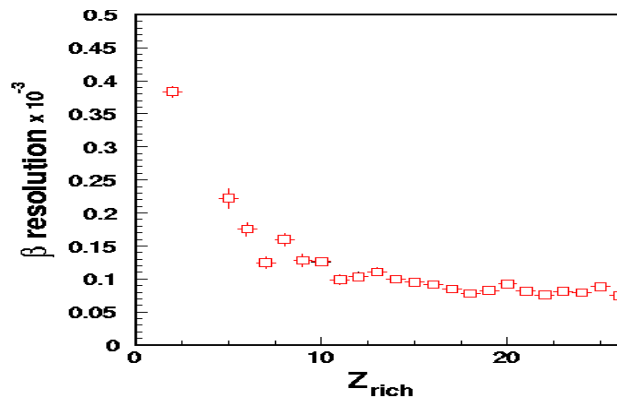


Figura 17: Andamento della risoluzione di β da parte del RICH in funzione della carica Z .

3.6. Il calorimetro elettromagnetico (ECAL)

Il calorimetro elettromagnetico serve a determinare l'energia delle particelle elettromagnetiche che lo attraversano. Le particelle elettromagnetiche (elettroni, positroni e fotoni), a differenza di altre, vengono fermate e producono uno sciame elettrofotonico. Pertanto possono essere separati i protoni dagli elettroni. Il potere di separazione è di circa 10^4 fino ad energie di 500 GeV.

Questo rivelatore fornisce, inoltre, un trigger per i fotoni, i quali non essendo carichi interagiscono solo con esso.

In figura 18 è illustrata una sezione del rivelatore.

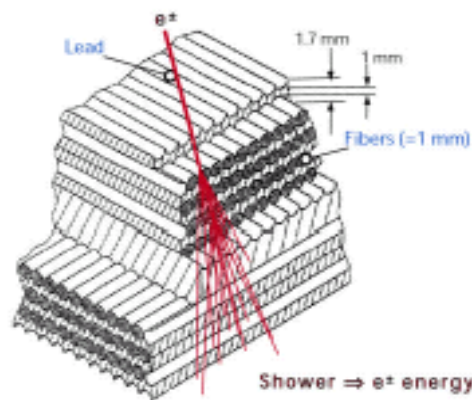


Figura 18: Il calorimetro elettromagnetico (ECAL).

L'ECAL è costituito da lastre di Piombo alternate a fibre di materiale scintillatore con uno spessore totale di 166.5 mm (la sua altezza è suddivisa in nove strati, ognuno spesso 18.5 mm) ed un peso complessivo di 492 Kg. I nove strati in cui è suddiviso l'ECAL sono disposti in modo tale che le fibre di scintillatore siano tra loro ortogonali. Lo spessore totale dell'ECAL in lunghezze di radiazione è pari a $16 X_0$. Le fibre di scintillatore sono collegate a fotomoltiplicatori mediante apposite guide di luce. Ogni fotomoltiplicatore è suddiviso in quattro regioni quadrate. In totale l'area del calorimetro è suddivisa in 1296 regioni ed esso è equipaggiato quindi da 324 fotomoltiplicatori.

Anche per quanto riguarda l'ECAL sono stati effettuati i test di calibrazione su prototipo, utilizzando un fascio di elettroni, ottenendo una risoluzione energetica data da [26]:

$$\sigma_E/E \approx 0.12/\sqrt{E[\text{GeV}]} \oplus 0.02 \quad . \quad (14)$$

I risultati per la risoluzione energetica sono riportati in figura 19. Si nota che il termine costante, predominante ad alte energie, è pari al 2%.

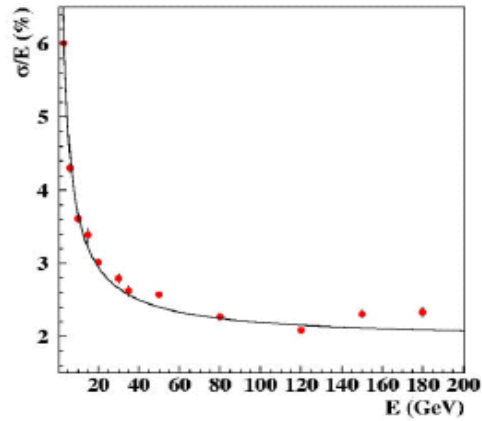


Figura 19: Risultato dei test effettuati sull'ECAL. Il grafico rappresenta la risoluzione dell'energia in funzione dell'energia stessa.

4. Analisi sul campione di antiprotoni e deutoni

In questo capitolo viene discussa l'analisi per la selezione degli antideutoni ed il rigetto del fondo di antiprotoni. Gli obiettivi proposti sono i seguenti:

- separare gli antideutoni dal fondo principale di antiprotoni e tagliare le code degli eventi di antiprotoni che hanno una ricostruzione della massa sovrastimata;
- rigettare gli eventi che hanno una cattiva ricostruzione e molte interazioni nell'apparato sperimentale;
- stimare il numero di antiprotoni di fondo per il rivelamento di antideutoni.

Gli antiprotoni la cui massa ricostruita dai dati simulati supera il valore di $m=1.6 \text{ GeV}/c^2$ costituiscono il fondo più importante per un segnale di antideutoni. Dal momento che, per $c=1$, vale la relazione:

$$m = p \sqrt{\left(\frac{1}{\beta^2} - 1\right)} \quad (15)$$

dove m è la massa della particella e p il suo impulso. Dalla (15) si nota che il fondo è dato dagli antiprotoni che hanno un momento sovrastimato rispetto a quello reale ed un valore di β sottostimato.

La procedura usata in questa tesi per la discriminazione del segnale di antideutoni dal fondo di antiprotoni consiste nell'eliminare gli eventi di fondo che hanno una ricostruzione errata della massa. Tali eventi possono essere rigettati effettuando tagli sui valori delle grandezze ricostruite nei diversi rivelatori che compongono l'esperimento AMS 2. I tagli vengono scelti osservando la qualità della ricostruzione del momento e della velocità delle particelle.

L'analisi viene effettuata su un campione Monte Carlo di antiprotoni. In questo modo si provvede ad ottimizzare i tagli sia per ottenere una corretta ricostruzione della massa del segnale sia per rigettare correttamente il fondo dovuto agli antiprotoni.

4.1. Il campione

Il campione di eventi Monte Carlo usato per quest'analisi è composto da deutoni e di antiprotoni. Vengono utilizzati i deutoni invece degli antideutoni poichè questi ultimi non sono stati simulati col Monte Carlo. Pertanto è stata fatta l'approssimazione che gli antideutoni si comportino come i deutoni.

Il campione è costituito da particelle generate nel piano di area $3.9 \text{ m} \times 3.9 \text{ m}$, sovrastante AMS 2. Le particelle vengono generate con tutte le direzioni angolari nel piano parallelo al campo magnetico e sono dirette verso il basso. Esse hanno uno spettro di energie logaritmico ed un momento compreso tra $0.5 \text{ GeV}/c$ e $10 \text{ GeV}/c$.

Solamente gli eventi che rispondono ai criteri di selezione del trigger di primo livello possono essere analizzati.

	D	$\bar{p}$
N. evt tot	133499	938728

Tabella 2: Numero di eventi totali utilizzati per l'analisi. Questi eventi sono quelli che rispondono ai criteri di selezione del trigger di primo livello.

Nella tabella 2 è riportato il numero di eventi del campione che rispondono ai criteri del trigger di primo livello. Tali eventi sono quelli che hanno almeno un segnale nei due piani superiori del TOF ed almeno uno nei due piani inferiori. L'area del TOF utilizzata per il trigger è quella centrale, composta da 6×6 contatori e la soglia è di 0.35 MeV . Si richiede, inoltre, che gli eventi presentino al massimo un segnale nei contatori anticoincidenza.

4.2. Preselezione

La preselezione degli eventi è importante per avere un campione analizzabile. Essa lo pulisce quindi da eventuali eventi spuri.

I tagli utilizzati in questa preselezione richiedono una particella che abbia le seguenti caratteristiche.

- (a) Non si deve avere nessun segnale nei contatori anticoincidenza.
- (b) La particella deve essere di tipo “AMS”, e deve avere:
 - Traccia nel Silicon Tracker.
 - Traccia nel TRD.
 - Misura di β nel TOF.
 - Valore assoluto della carica = 1.

Nel taglio (b) con il termine “particella AMS” si intende una particella ricostruita da AMS che, in prima approssimazione, appare come una singola particella.

	D	$\bar{p}$
Num. eventi preselezionati	34832	161582
Efficienza preselezione	0.261 ± 0.001	0.1721 ± 0.0004

Tabella 3: Efficienza della preselezione.

Dopo aver effettuato la preselezione è stato riportato in un grafico l'andamento della qualità della ricostruzione di β da parte di questi tagli. Tale valore è dato dalla differenza tra β Monte Carlo e β ricostruita, normalizzata con β Monte Carlo. Inoltre è stato riportato in un

grafico anche l'andamento della qualità per la ricostruzione del momento da parte della preselezione. Tali grafici sono riportati rispettivamente in figura 20 (a) ed in figura 20 (b).

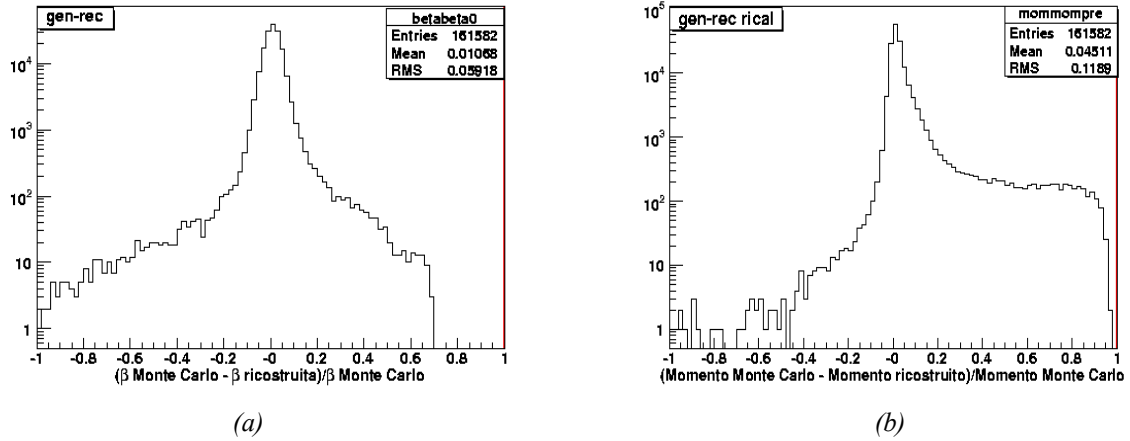


Figura 20: Distribuzione in scala logaritmica dell'andamento dopo la preselezione della qualità di ricostruzione della velocità (a). Distribuzione in scala logaritmica dell'andamento dopo la preselezione della qualità di ricostruzione del momento (b).

La coda sinistra delle due distribuzioni è dovuta rispettivamente ad eventi con valore di β e del momento sovrastimato, mentre la coda destra è dovuta alla sottostima di queste due grandezze.

4.3. Selezione

La selezione è fondamentale per avere il rigetto degli antiprotoni che simulano gli antideutoni, ovvero che sono:

- ricostruiti erroneamente,
- con molte interazioni nell'apparato sperimentale,
- con un'errata misura di β e/o del momento.

Essa consiste in tagli che vengono effettuati sulle grandezze ricostruite da ognuno dei rivelatori di AMS 2. In questa tesi i tagli sono effettuati nel TRK, nel TRD e nel TOF. La selezione permette di valutare il segnale dovuto al fondo e quindi il rigetto di quest'ultimo.

In questa sezione vengono descritti i tagli effettuati con il TRK ed il TRD, mentre nella prossima sono descritti in dettaglio i tagli effettuati con il TOF.

4.3.1. Selezione con il TRK

I criteri di selezione sul TRK permettono di rigettare gli eventi con una rigidità ricostruita molto diversa da quella generata dal Monte Carlo. Tali tagli sono elencati qui di seguito.

Per gli eventi accettati si richiede:

- (a) Numero di hit nel TRK utilizzati per la ricostruzione della traccia > 5 .
- (b) χ^2 normalizzato con il numero di gradi di libertà < 3 .
- (c) Il valore del momento ricostruito deve essere $> 0.85 \text{ GeV}/c$.
- (d) energia intorno alla traccia divisa per l'energia totale nel TRK > 0.175 .

Nella tabella 4 vengono illustrate le efficienze per i tagli effettuati nel TRK.

<i>Tipo di taglio</i>	<i>Efficienza del taglio</i>	
	<i>D</i>	<i>$\bar{p}$</i>
(a)	0.935±0.005	0.913±0.002
(b)	0.846±0.005	0.849±0.002
(c)	0.956±0.005	0.907±0.002
(d)	0.831±0.005	0.782±0.002
totale	0.630±0.004	0.573±0.002

Tabella 4: Nell'ordine le righe rappresentano l'efficienza dei tagli sul numero di hit (a), sul χ^2 normalizzato con il numero di gradi di libertà (b), sul valore del momento (c), sull'energia depositata sulla traccia divisa per l'energia totale nel TRK (d) e l'efficienza totale dei tagli.

Per il taglio (b) riportato in tabella 4 si considera il numero di gradi di libertà pari al numero di hit del TRK utilizzati per la ricostruzione della traccia.

Per quanto riguarda il taglio (d), invece, si considera la distanza limite intorno alla traccia pari a 2.5σ della distribuzione della distanza tra i singoli hit del TRK e la traccia ricostruita nel medesimo rivelatore.

In figura 21 è riportato l'andamento della qualità per la ricostruzione del momento da parte dei suddetti tagli. Si nota che i tagli permettono il rigetto degli eventi di fondo.

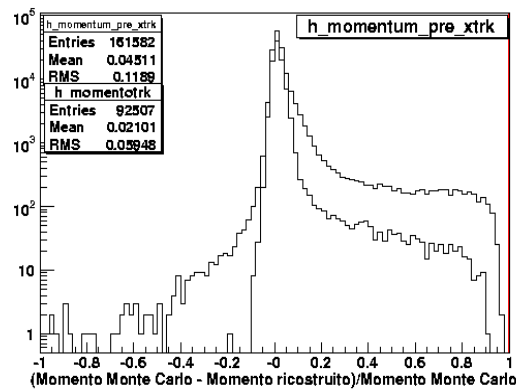


Figura 21: Distribuzione della qualità di ricostruzione del momento. Confronto con la distribuzione prima della selezione.

4.3.2. Selezione con il TRD

I tagli sul TRD permettono il rigetto degli elettroni e degli eventi con molte interazioni in tale rivelatore. I tagli effettuati sono elencati qui di seguito.

Per gli eventi accettati si richiede:

- (a) La media troncata dell'energia sulla traccia deve essere < 4 MeV.
- (b) energia depositata sulla traccia divisa per l'energia totale nel TRD > 0.87 .

Il taglio (a) è utile per il rigetto degli elettroni, i quali emettono molta radiazione di transizione. Essi sono infatti presenti in abbondanza nei RC ed hanno, inoltre, la stessa carica degli antideutoni.

Il taglio (b) invece rigetta gli eventi che hanno molte interazioni nel TRD.

Nella tabella 5 vengono illustrate le efficienze per i tagli effettuati nel TRD.

<i>Tipo di taglio</i>	<i>Efficienza del taglio</i>	
	<i>D</i>	<i>$\bar{p}$</i>
(a)	0.860 $\pm$ 0.005	0.826 $\pm$ 0.002
(b)	0.881 $\pm$ 0.005	0.907 $\pm$ 0.002
totale	0.788 $\pm$ 0.005	0.719 $\pm$ 0.002

Tabella 5: Nell'ordine le righe rappresentano l'efficienza dei tagli sull'energia depositata sulla traccia (a), sull'energia depositata divisa per l'energia totale (b) e l'efficienza totale dei tagli.

Per il taglio (a), riportato in tabella 5, la media troncata è effettuata eliminando il minimo ed il massimo valore dell'energia depositata lungo la traccia ricostruita nel TRD.

In figura 22 è riportato l'andamento della qualità della ricostruzione del momento da parte dei tagli. Si nota che i tagli effettuati nel TRD non rigettano molti eventi di fondo. Tali tagli permettono comunque il rigetto degli elettroni, grazie al taglio contrassegnato con (a).

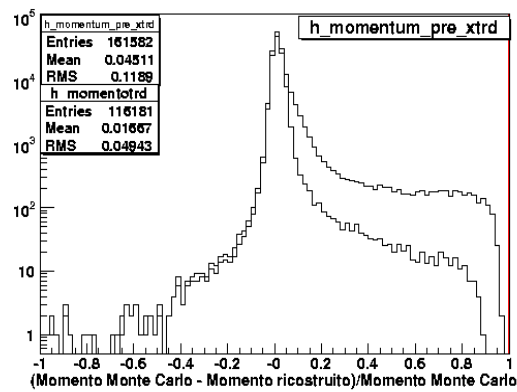


Figura 22: Distribuzione della qualità di ricostruzione del momento. Confronto con la distribuzione prima della selezione.

4.4. Selezione con il TOF

In questo paragrafo sono riportate le procedure per l'ottimizzazione dei tagli sul TOF. I tagli effettuati sono riportati qui di seguito.

- (a) Taglio sul numero dei TOF cluster non usati per la misura di β .
- (b) Taglio sul numero di piani del TOF accesi.
- (c) Taglio sulla distanza tra i cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita dal TRK
- (d) Taglio sul valore di β .

Con cluster, taglio (a), si intende l'insieme di scintillatori vicini che danno un segnale al passaggio di una particella carica.

I tagli illustrati in questo paragrafo rigettano gli eventi con un'errata ricostruzione di β . Pertanto essi permettono il rigetto di un insieme di antiprotoni che costituiscono il fondo per il segnale di antideutoni.

4.4.1. Numero di TOF cluster non usati per la misura di β

Il taglio descritto in questo paragrafo prevede di rigettare gli eventi per i quali un numero maggiore o uguale a 2 di cluster del TOF non sono utilizzati per la ricostruzione della velocità della particella. In figura 23 è riportato un esempio di evento rigettato da questo taglio.

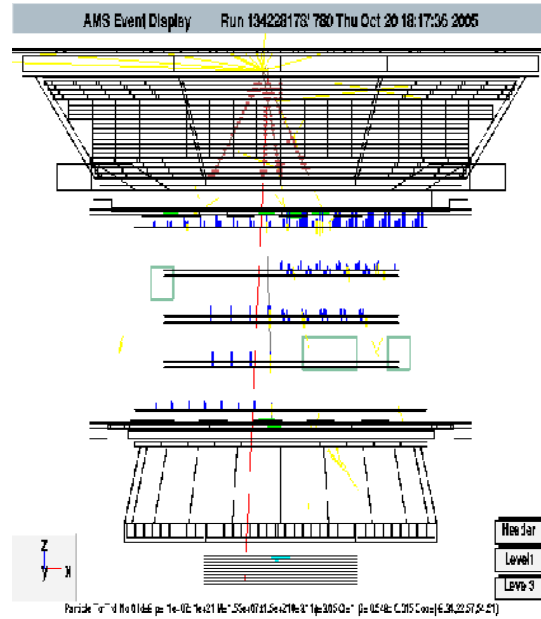


Figura 23: Esempio di evento rigettato da questo taglio. I cluster del TOF non utilizzati per la ricostruzione della traccia sono 3. Questo evento è rappresentato da una paricella AMS (in rosso) interagisce nel TRD (traccia in rosso porpora), nel TOF forma dei cluster (in verde), ha un segnale nel TRK (cluster e traccia in blu), presenta segnali nei contatori anticoincidenza (rettangoli in verde acqua), infine non presenta nessun segnale nel RICH ma interagisce con l'ECAL (turchese). Le tracce in giallo sono segnali del Monte Carlo dovuti allo scattering o alla creazione di nuove particelle.

In figura 24 è riportata la distribuzione del numero di TOF cluster non usati per la misura di β :

- (a) prima della selezione;
- (b) prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$;
- (c) dopo tutti i tagli tranne quello sul numero di TOF cluster, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$.

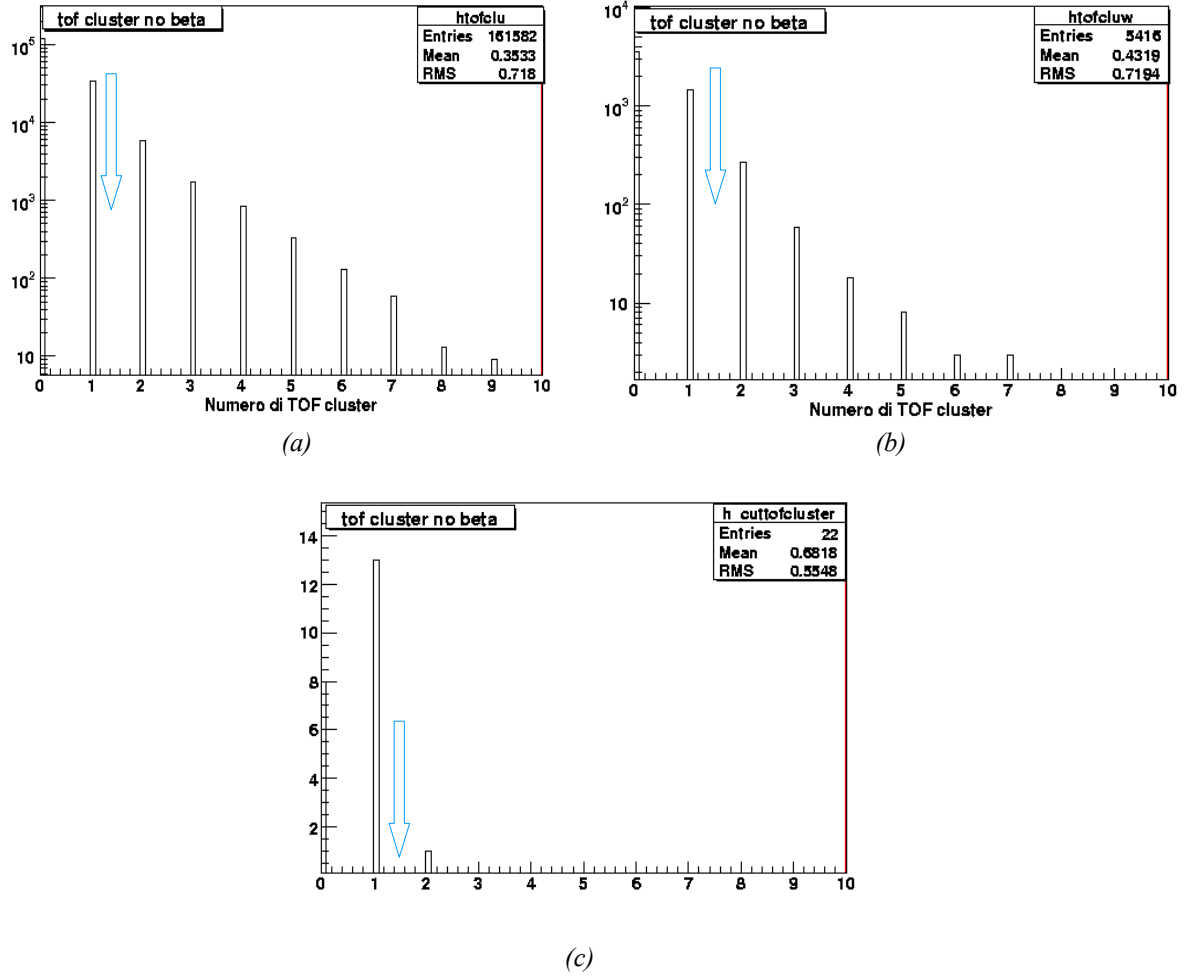


Figura 24: Numero di TOF cluster non usati per la misura di β . Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sul numero di TOF cluster, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (c). Le frecce rappresentano il taglio effettuato. Si vede che questo taglio rigetta circa il 6% degli eventi di fondo.

In figura 25 è riportato l'andamento della qualità della ricostruzione di β da parte di questo taglio.

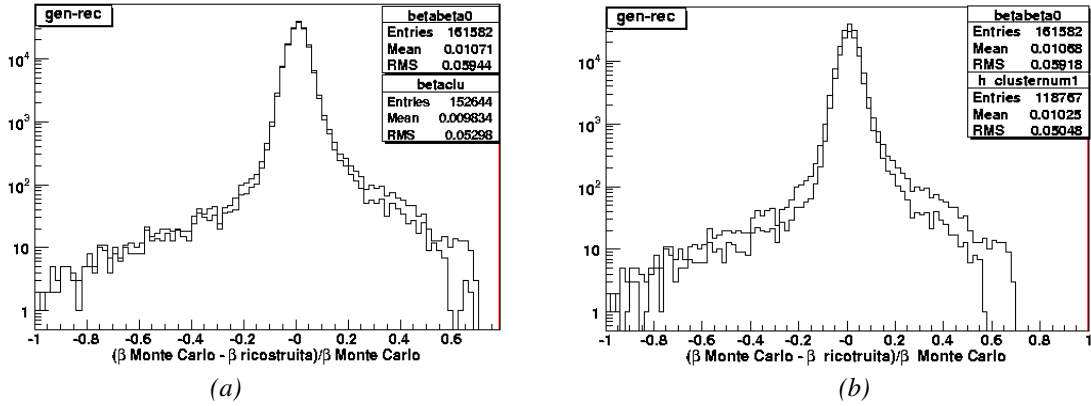


Figura 25: Distribuzione della qualità della ricostruzione di β . Confronto con la distribuzione prima della selezione. Numero di TOF cluster non usati è <2 (a). Numero di TOF cluster non usati è <1 (b).

Uno degli obiettivi di questa tesi è il rigetto degli eventi di fondo per i quali β ricostruita dal TOF è sottostimata (coda destra della distribuzione in figura 25). Si sceglie di fissare il valore del taglio a 2 TOF cluster non utilizzati per la ricostruzione di β . Dalla figura 25 (b) si nota, infatti, che ponendo il valore del taglio a 1 TOF cluster non utilizzato, questo risulta tagliare eventi nel picco. Inoltre si nota che questo taglio non rigetta molti eventi di fondo, esso ottimizza però il campione di dati Monte Carlo. Infatti si nota che con questo taglio vengono comunque rigettati eventi che non portano ad una buona ricostruzione delle masse del segnale e del fondo.

4.4.2. Numero di piani del TOF accesi

Il taglio descritto in questo paragrafo prevede di rigettare gli eventi per cui la particella deposita un segnale al suo passaggio solo in 2 piani del TOF. Con questo taglio si è quindi certi che la particella al suo passaggio avrà sicuramente un segnale sia nella parte superiore del TOF che nella metà inferiore. In figura 26 è riportato un esempio di evento rigettato da questo taglio.

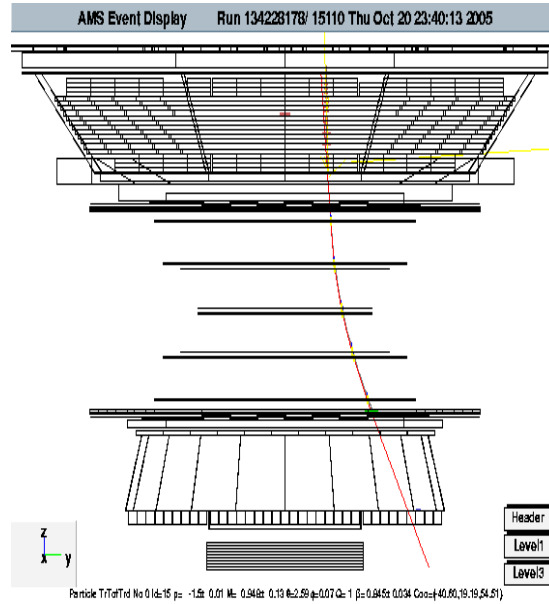
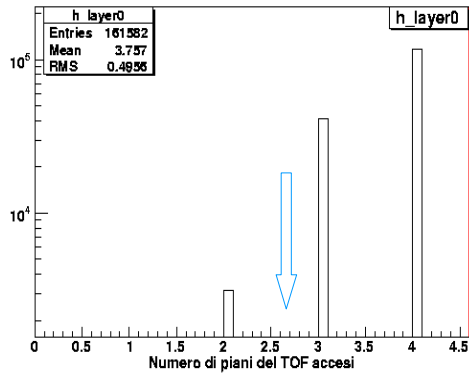


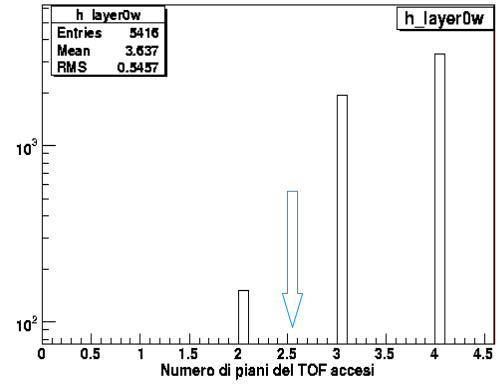
Figura 26: Esempio di evento rigettato da questo taglio. Solo un piano del TOF è acceso per questo evento. In questa figura è rappresentata una paricella AMS (in rosso) che interagisce nel TRD (traccia in rosso porpora), nel TOF forma dei cluster (in verde), non ha un segnale nel TRK e non presenta nessun segnale nè nel RICH nè nell'ECAL. Le tracce in giallo sono segnali del Monte Carlo dovuti allo scattering o alla creazione di nuove particelle.

In figura 27 è riportata la distribuzione del numero di piani del TOF accesi:

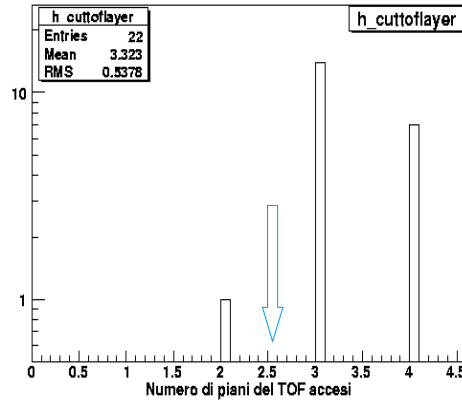
- (a) prima della selezione;
- (b) prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$;
- (c) dopo tutti i tagli tranne quello sul numero di piani del TOF, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$.



(a)



(b)



(c)

Figura 27: Numero di TOF layer accesi. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sul numero di TOF layer, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (c). Le frecce rappresentano il taglio effettuato. Si vede che questo taglio rigetta il 2% degli eventi di fondo.

In figura 28 è riportato l'andamento della qualità della ricostruzione di β da parte di questo taglio.

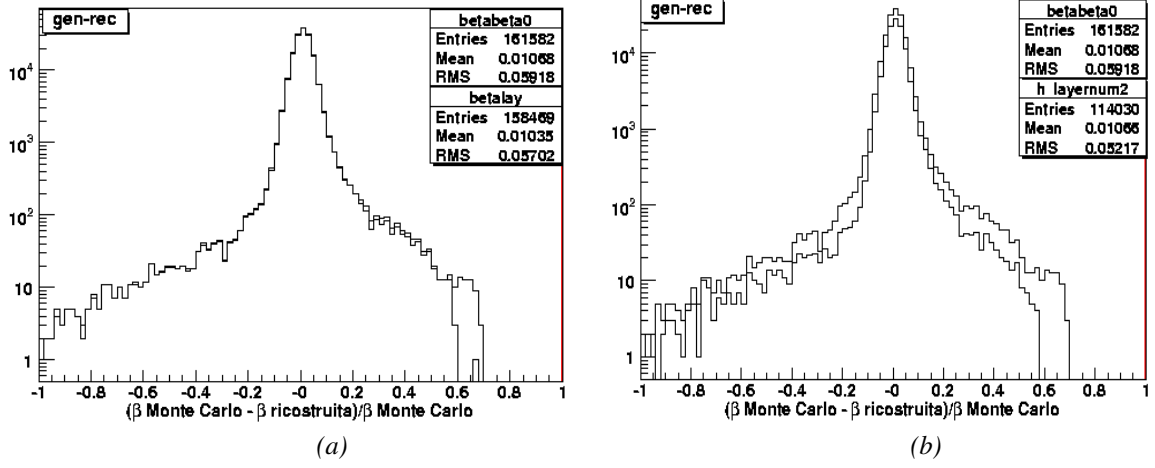


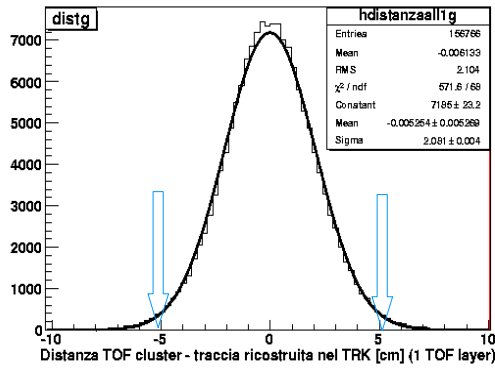
Figura 28: Distribuzione della qualità della ricostruzione di β . Confronto con la distribuzione prima della selezione. Numero di TOF layers accesi è ≥ 3 (a). Numero di TOF layers accesi è 4 (b).

Ciò che si vuole ottenere effettuando questo taglio è, anche in questo caso, il rigetto degli eventi con β sottostimata. Si sceglie di fissare il valore del taglio ad un numero maggiore o uguale a 3 di piani del TOF accesi, figura 28 (a). Si nota, infatti, che ponendo il valore del taglio a 4 piani del TOF accesi, figura 28 (b), questo risulta tagliare eventi nel picco.

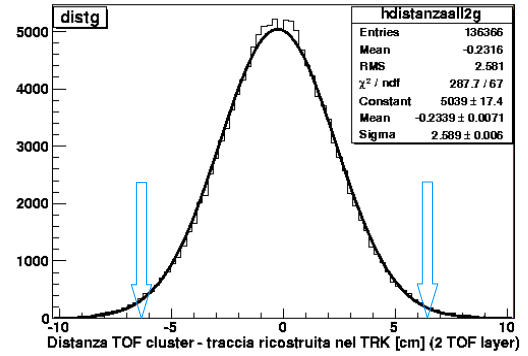
4.4.3. Distanza tra i TOF cluster e l'extrapolazione della traccia ricostruita dal TRK

Il taglio descritto in questo paragrafo rigetta gli eventi con una grande distanza TOF cluster - extrapolazione della traccia ricostruita nel TRK. Sono stati considerati i piani del TOF singolarmente ed interpolato l'andamento con una gaussiana.

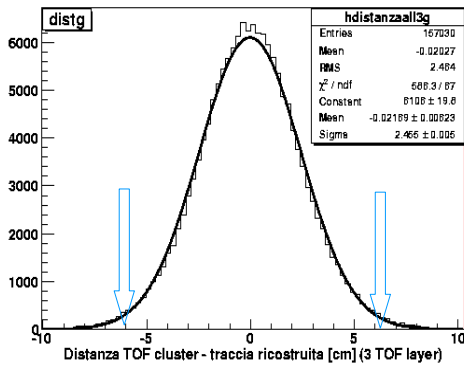
Sono state considerate per la distanza le direzioni x, y, y, x rispettivamente per i quattro piani del TOF, dal momento che essi sono disposti in tali direzioni.



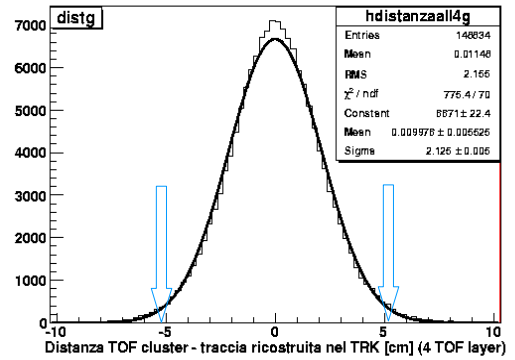
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 29: Andamento della distanza tra i TOF cluster e l'estrapolazione della traccia del TRK: primo layer in x (a), secondo layer in y (b), terzo layer in y (c), quarto layer in x (d). Le frecce rappresentano il taglio effettuato.

Il taglio consiste nel selezionare distanze inferiori a quelle determinate dalle σ delle distribuzioni riportate in figura 29. In questo modo si scartano gli eventi che hanno una ricostruzione della traccia molto distante dal cluster depositato nel TOF. Dalla figura 29 si nota che le σ per i piani del TOF 2 e 3, che si sviluppano lungo la direzione y, sono maggiori rispetto a quelle calcolate per i piani 1 e 4. Tale effetto è dovuto al campo magnetico che curva le traiettorie. Inoltre sono state calcolate le distanze a diversi valori del taglio ottenendo il risultato riportato in tabella 6.

	σ	1.5σ	2σ	2.5σ	3σ	3.5σ
Effic. tot.	0.205 ± 0.001	0.497 ± 0.002	0.744 ± 0.002	0.890 ± 0.002	0.959 ± 0.002	0.988 ± 0.002

Tabella 6: Efficienze e distanze riportate in funzione dei valori del taglio espresso in σ .

Dalla Tabella 6 si nota che l'andamento è proprio quello di una gaussiana. Come compromesso tra l'efficienza del taglio ed il rigetto degli eventi non buoni, si sceglie di effettuare il taglio a 2.5σ , si veda figura 30.

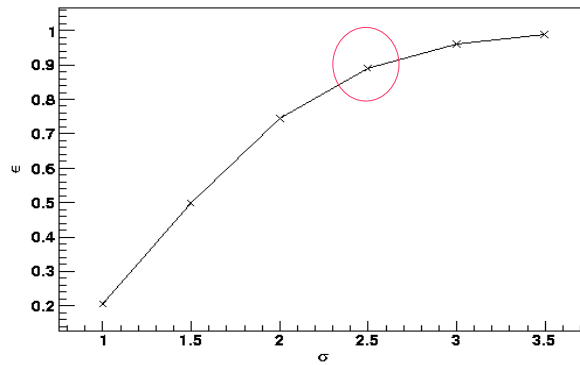


Figura 30: Andamento dell'efficienza totale del taglio in funzione di σ .

Sono stati in seguito analizzati gli eventi scartati da questo taglio. In figura 31 è riportata la massima distanza TOF cluster – traccia ricostruita prima della selezione e, per gli eventi rigettati, anche dopo il taglio sulla distanza.

In figura 32 segue la distribuzione dei piani del TOF in cui si registra il cluster con la massima distanza dall'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK prima della selezione.

Si nota che il piano del TOF che presenta il cluster con la massima distanza è sempre il numero 1 o il numero 4.

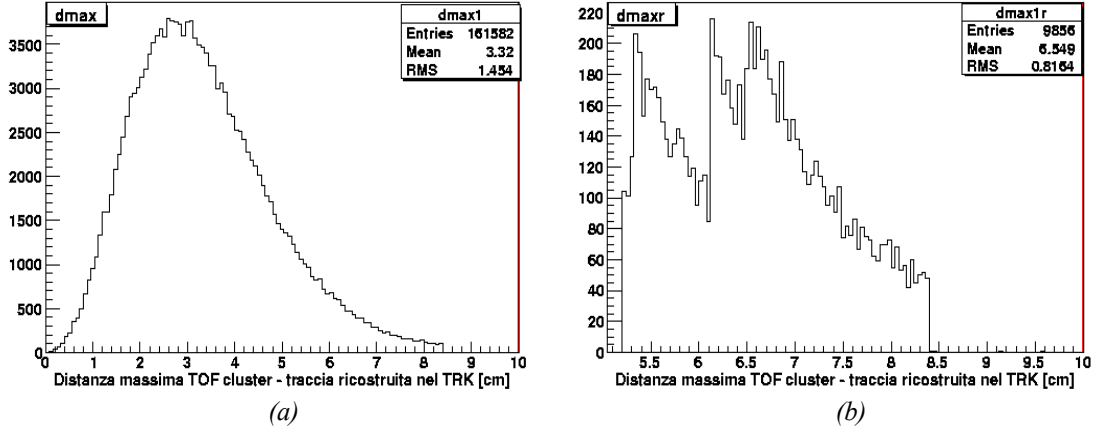


Figura 31: Distribuzione della massima distanza TOF cluster – traccia ricostruita. Prima della selezione (a). Dopo il taglio sulla distanza, eventi rigettati (b).

In seguito è stato graficato l'andamento della massima distanza in funzione della distanza media prima della selezione e, per gli eventi rigettati, anche dopo il taglio sulla distanza. Tale andamento è riportato in figura 33. Si nota che per gli eventi rigettati la distanza media presenta una distribuzione casuale e con valori non differenti dalla media degli eventi totali. Pertanto si conclude che gli eventi rigettati sono quelli per cui un solo cluster del TOF si trova ad una distanza dalla traccia ricostruita dal TRK superiore a quella del taglio.

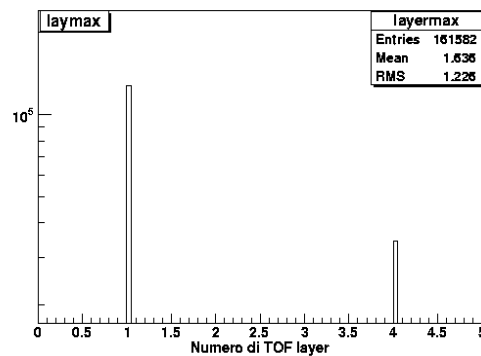


Figura 32: Distribuzione dei piani del TOF in cui viene registrata la massima distanza TOF cluster – traccia ricostruita prima della selezione.

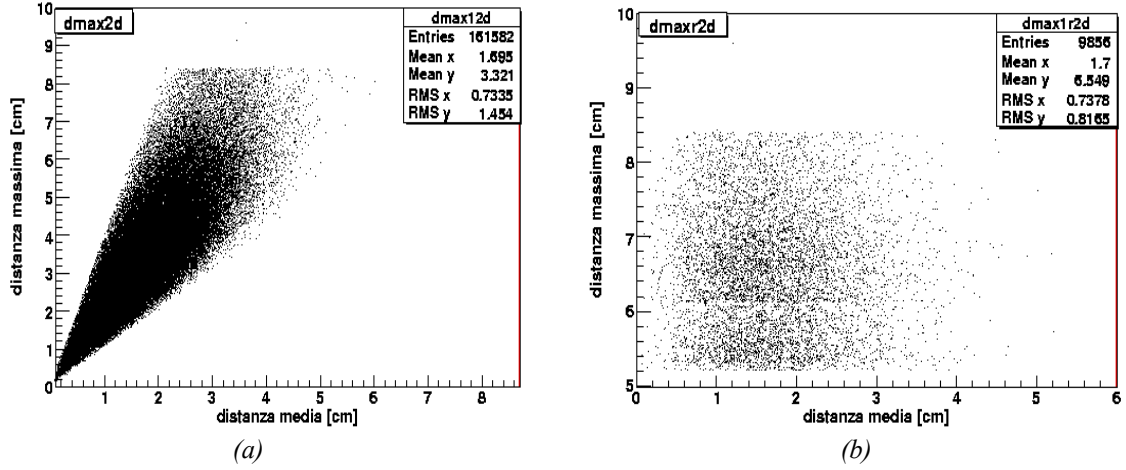


Figura 33: Andamento della distanza media TOF cluster – traccia ricostruita, in funzione della distanza massima registrata. Prima della selezione (a). Dopo il taglio sulla distanza, eventi rigettati (b).

Nelle figure 34, 35, 36 e 37 è riportata la distribuzione della distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK:

- (a) prima della selezione;
- (b) prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$;
- (c) dopo tutti i tagli tranne quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$.

Tali distribuzioni sono riportate rispettivamente per i piani 1, 2, 3 e 4 del TOF.

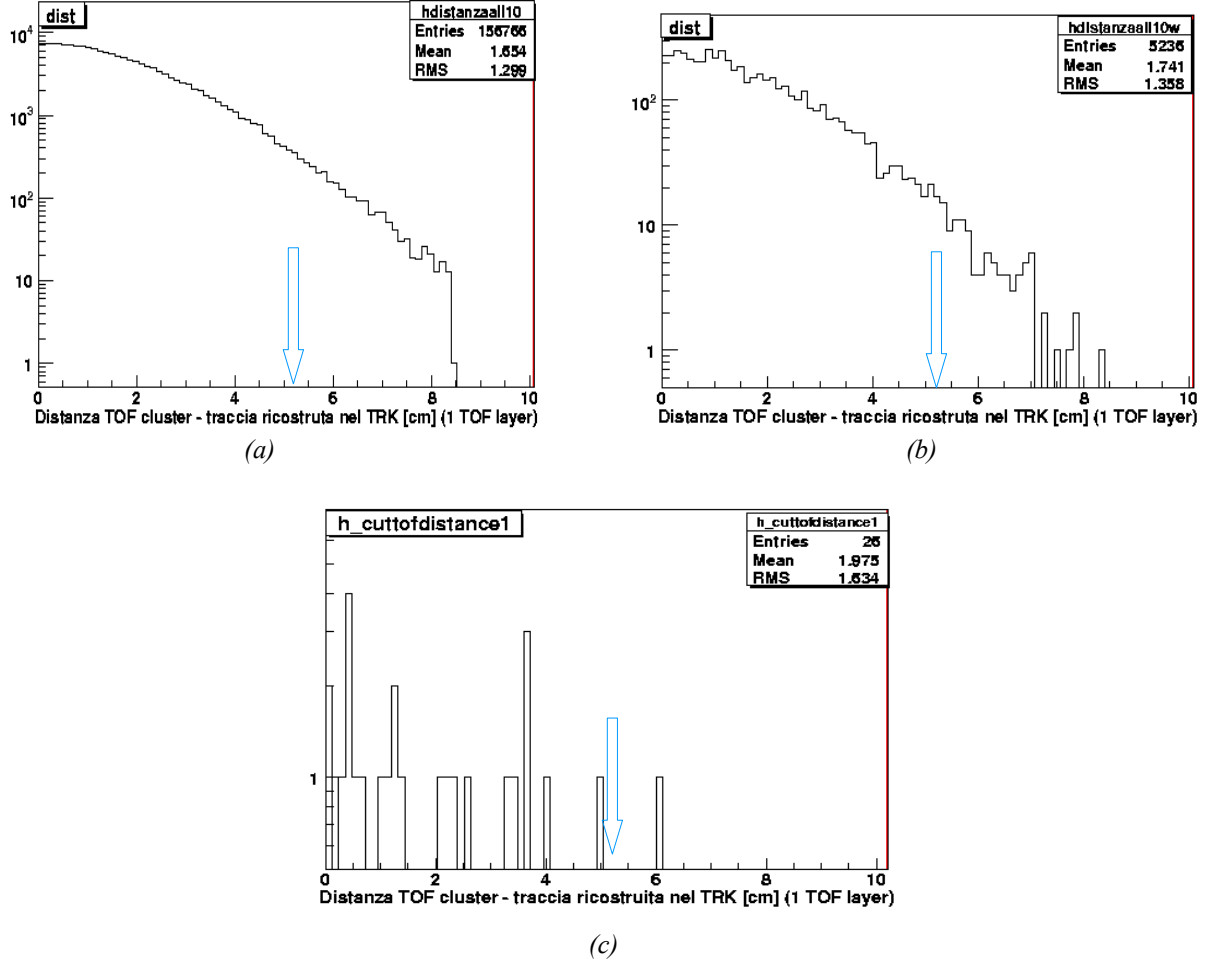


Figura 34: Distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, piano del TOF numero 1. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$. Le frecce rappresentano il taglio effettuato.

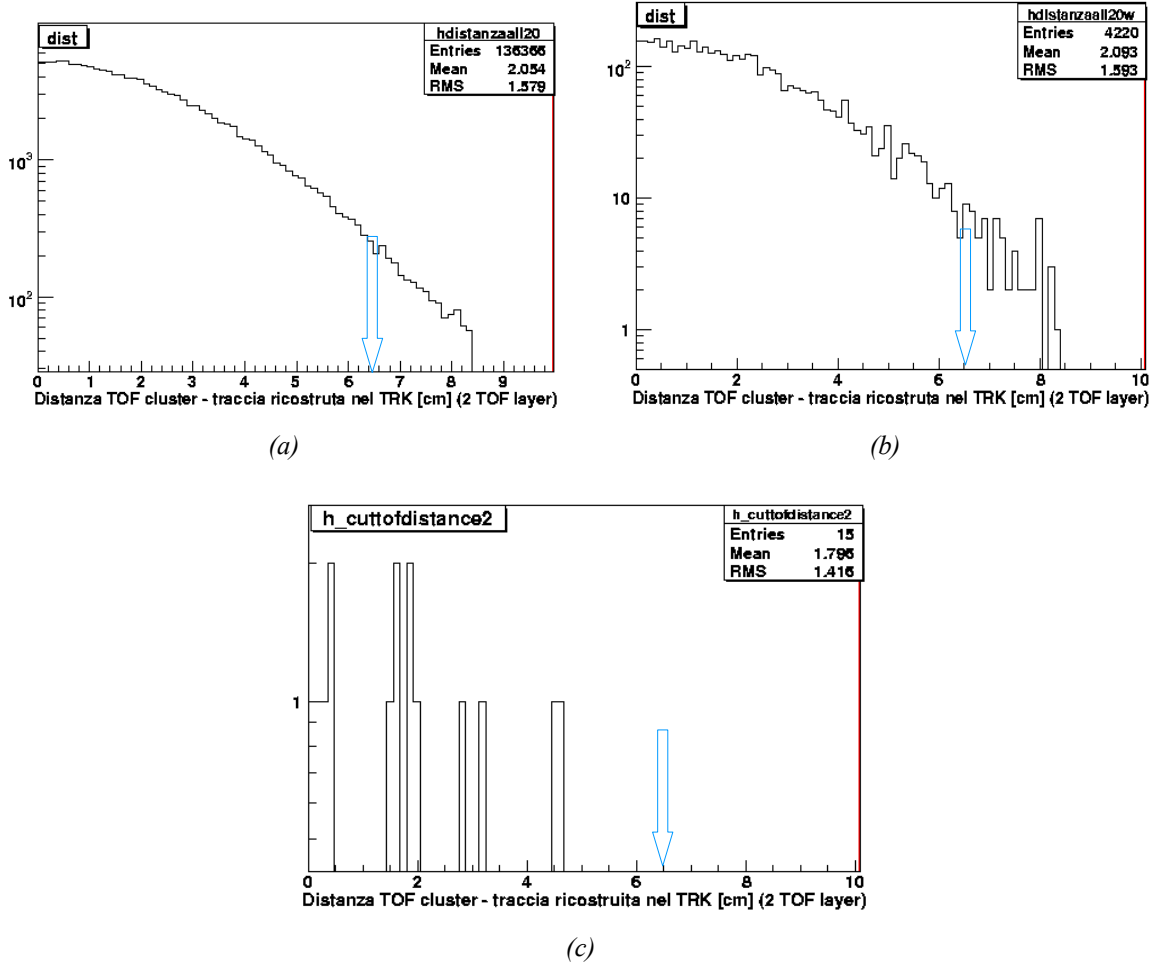


Figura 35: Distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, piano del TOF numero 2. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$. Le frecce rappresentano il taglio effettuato.

Dalla figura 35 (c) si nota che, sul piano numero 2 del TOF, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ e dopo aver effettuato tutti i tagli ad eccezione di quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, risultano già scomparsi tutti quegli eventi che con questo taglio ci si propone di rigettare. Mediante questo taglio si vogliono rigettare eventi che abbiano una grande distanza tra il cluster del

TOF e l'estrapolazione della traccia nel TRK su almeno uno dei quattro piani.

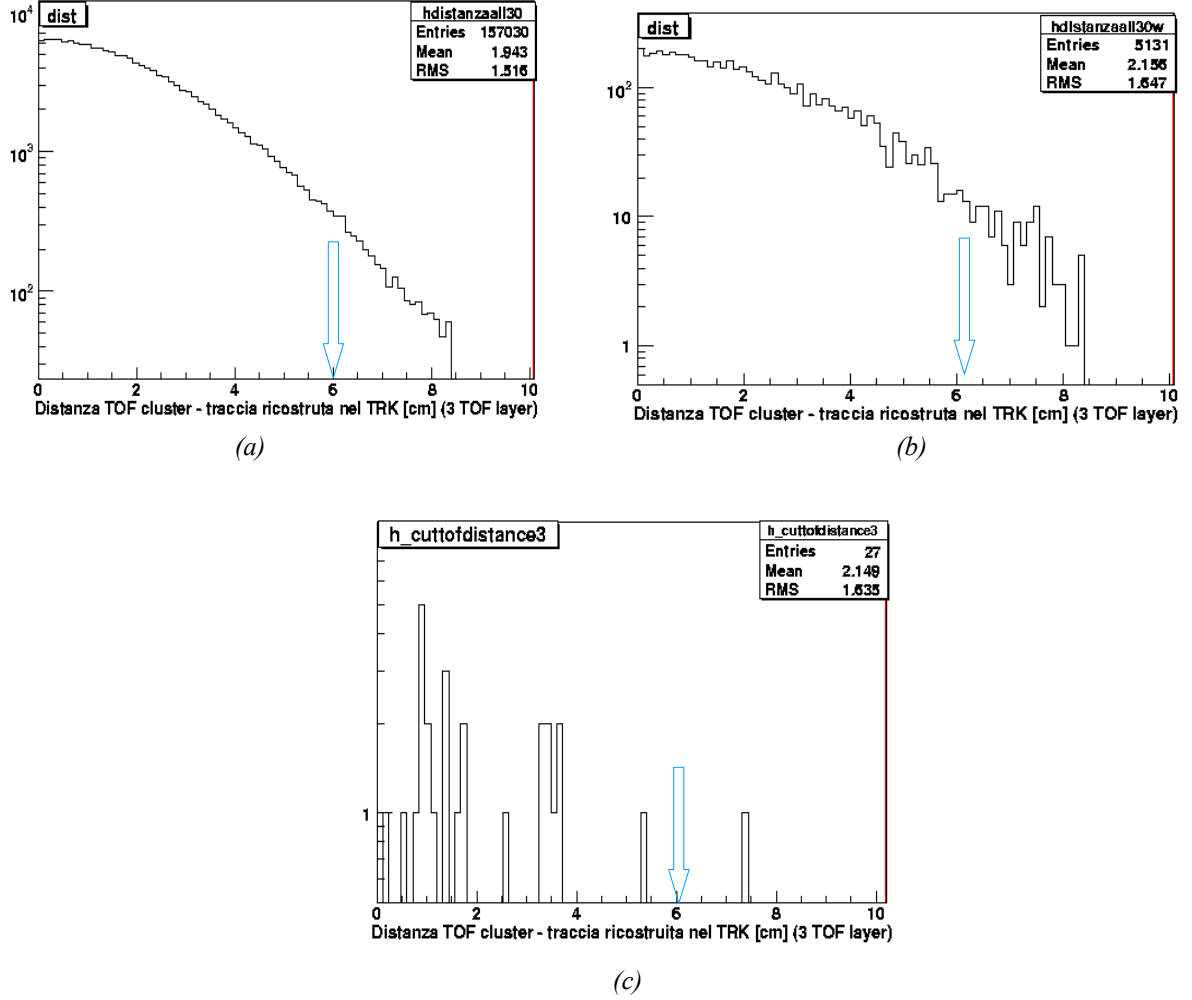


Figura 36: Distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, piano del TOF numero 3. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'estrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$. Le frecce rappresentano il taglio effettuato.

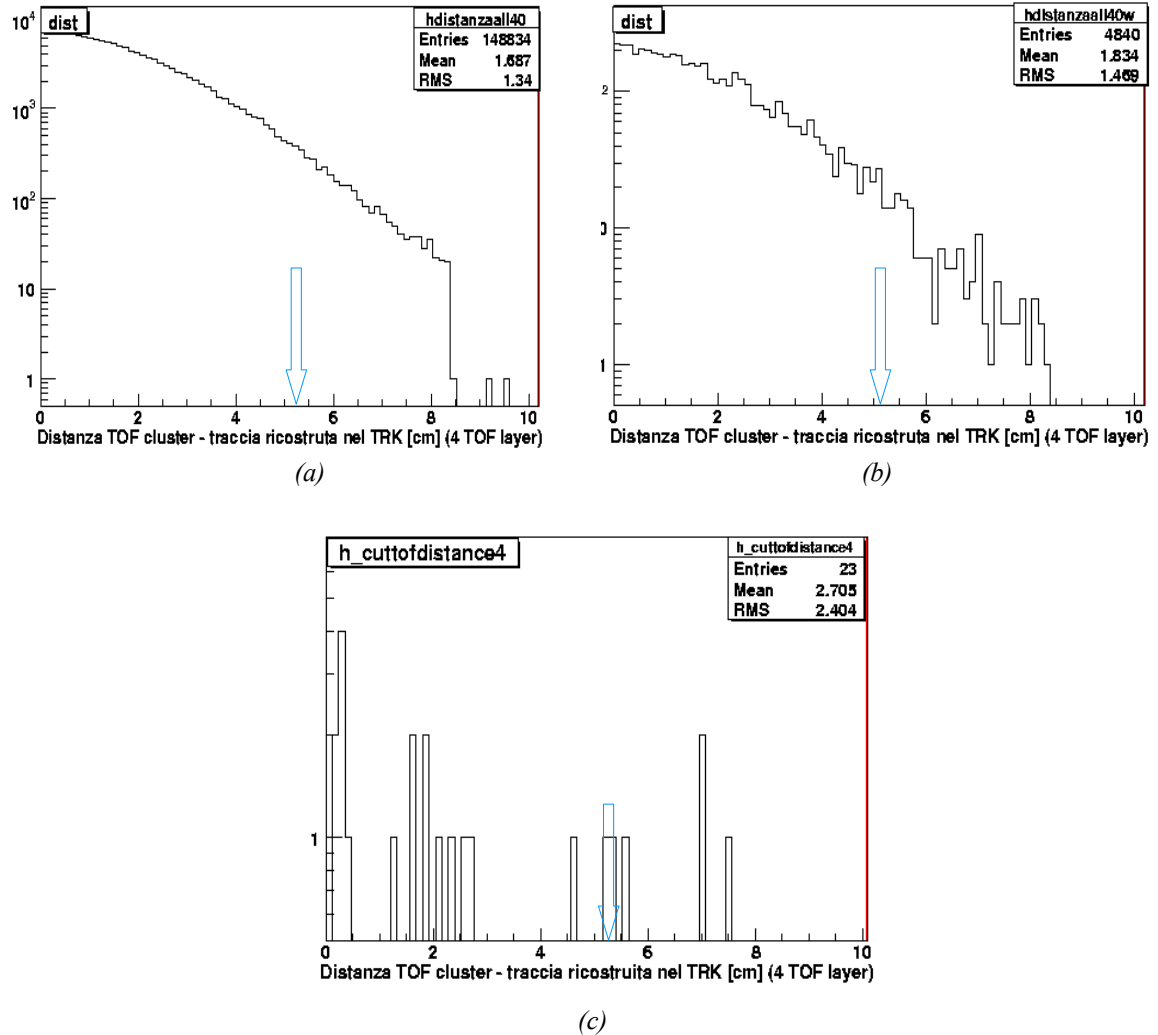


Figura 37: Distanza tra il cluster del TOF e l'extrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, piano del TOF numero 4. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sulla distanza tra il cluster del TOF e l'extrapolazione della traccia ricostruita nel TRK, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$. Le frecce rappresentano il taglio effettuato.

Complessivamente questo taglio permette di rigettare circa il 6% degli eventi di fondo.

In figura 38 è riportata la distribuzione della qualità della ricostruzione di β da parte di questo taglio. Si nota che questo taglio non rigetta molti eventi di fondo (coda destra della

distribuzione), esso ottimizza però il campione di dati Monte Carlo. Infatti si nota che con questo taglio vengono comunque rigettati eventi che non portano ad una buona ricostruzione delle masse del segnale e del fondo e non si perdono eventi buoni.

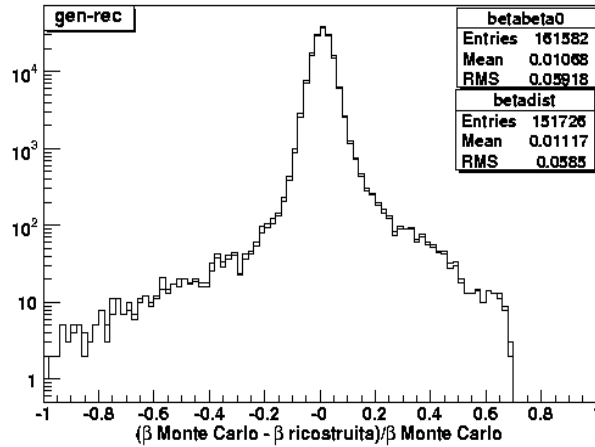


Figura 38: Distribuzione della qualità della ricostruzione di β . Confronto con la distribuzione prima della selezione.

4.4.4. Valore di β

In questo paragrafo è descritto come sia stato ritenuto necessario effettuare un taglio sul valore di β . Questo taglio è infatti indispensabile per il rigetto della gran parte del fondo di antiprotoni. Gli antiprotoni hanno, infatti, un valore di β maggiore rispetto agli antideutoni, a parità d'impulso. Il valore di β del taglio è stato valutato come segue. È stato innanzitutto graficato l'andamento dell'errore su β (proveniente dal TOF + RICH). Tale andamento è riportato in figura 39.

Questo taglio è effettuato su eventi che hanno una ricostruzione della velocità solamente nel TOF. In figura 39 si notano chiaramente due distribuzioni distinte. La distribuzione più piccata è relativa al RICH, mentre l'altra è del TOF. Inoltre si osserva che il massimo valore

di quest'ultima distribuzione $\delta\beta_{\max}$ è pari a 0.08 (vi è un unico evento con errore sulla velocità pari a 0.22). Dal momento che valori di β maggiori o uguali a 1 non sono ricostruiti in modo corretto si devono scartare almeno quegli eventi che presentano un valore di β ricostruita maggiore di 0.92.

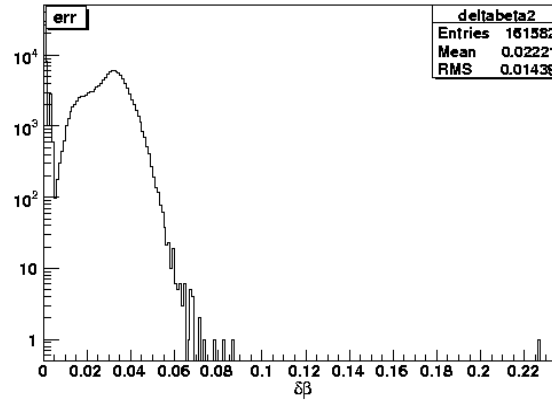


Figura 39: Andamento dell'errore su β proveniente dalle ricostruzioni nel TOF e nel RICH.

Tagliando sui valori alti di β si rigettano anche eventi buoni. Questo taglio va però effettuato a causa dell'errore massimo che si ha nel TOF. Pertanto è stato ritenuto necessario verificare per prima cosa l'andamento di β in funzione dell'errore, riportato in figura 40. Si nota dalla figura 40 che l'errore aumenta con l'aumentare di β . Pertanto il taglio su β corrisponde per lo più a rigettare eventi con un grande errore.

Per scegliere il valore del taglio su β è stato necessario verificare come questo rigetta gli eventi di fondo dovuti agli antiprotoni che hanno una ricostruzione della massa sovrastimata. Il valore del taglio su β ricostruita nel TOF è stato fissato a $\beta_{\text{taglio}} = 0.88$, corrispondente a $1.5 \delta\beta_{\max}$.

Dalla figura 41 si nota che il taglio effettuato su β rigetta molti eventi con β sottostimata rispetto al valore Monte Carlo, ovvero il fondo di antiprotoni.

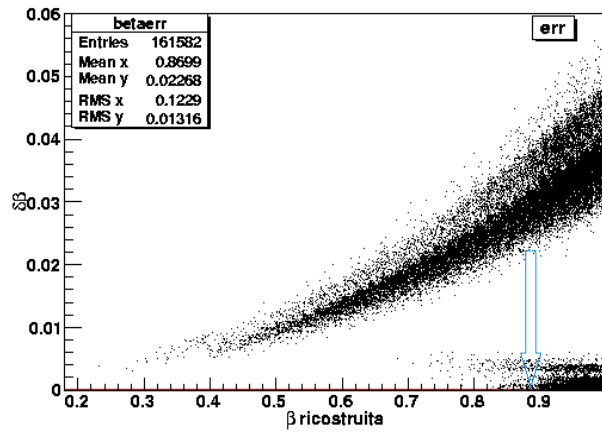


Figura 40: Andamento dell'errore su β in funzione di β ricostruita nel TOF. La freccia rappresenta il taglio effettuato.

In seguito è stato ritenuto necessario verificare l'andamento di β in funzione della massa ricostruita degli antiprotoni, andamento riportato in figura 42. Da tale figura si nota che valori alti di β corrispondono sia a masse sovrastimate che sottostimate. Pertanto tagliare sul valore di β è necessario anche per avere una migliore ricostruzione della massa delle particelle.

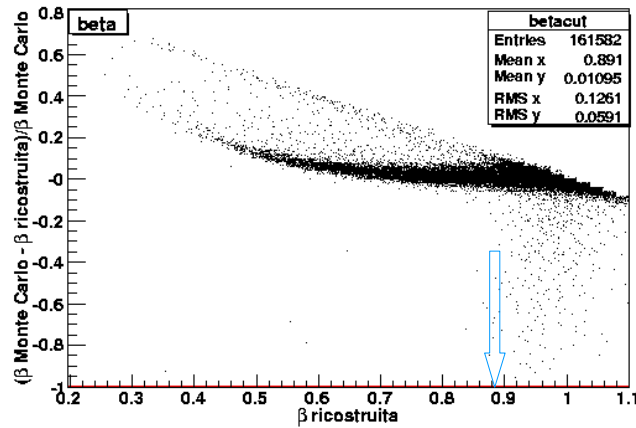


Figura 41: Andamento della qualità della ricostruzione di β in funzione di β ricostruita nel TOF. La freccia rappresenta il taglio effettuato.

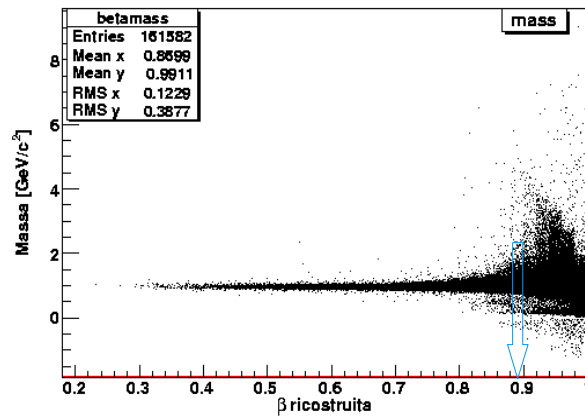


Figura 42: Andamento della massa degli antiprotoni in funzione di β ricostruita nel TOF. La freccia rappresenta il taglio effettuato.

In figura 43 è riportata la distribuzione di β :

- (a) prima della selezione;
- (b) prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$;
- (c) dopo tutti i tagli tranne quello sul valore di β , nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$.

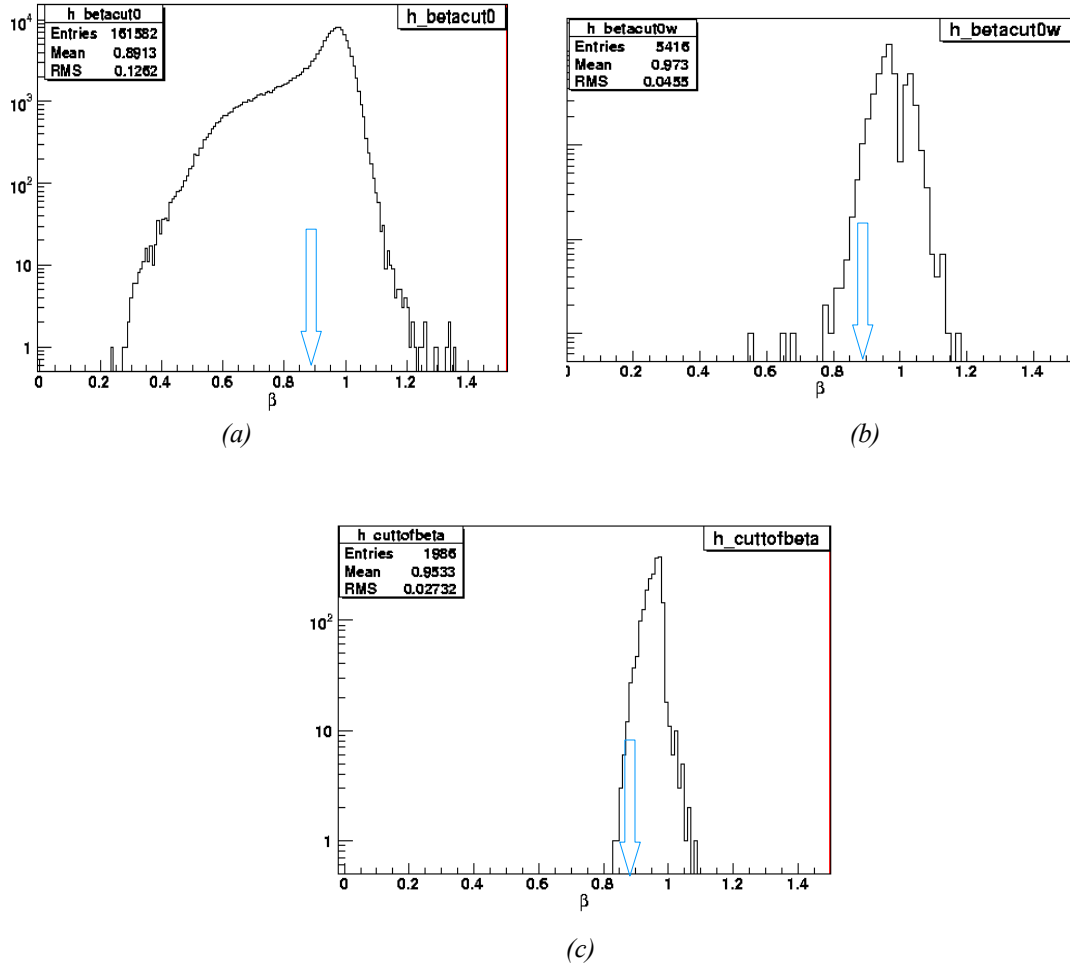


Figura 43: Distribuzione di β ricostruita nel TOF. Prima della selezione (a). Prima della selezione e nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b). Dopo tutti i tagli tranne quello sul valore di β , nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (c). Le frecce rappresentano il taglio effettuato. Si vede che questo taglio permette di rigettare circa il 68% degli eventi di fondo.

In figura 44 è riportata la distribuzione della qualità della ricostruzione di β da parte di questo taglio. Si nota che gli eventi con una β sovrastimata sono rigettati e che lo sono anche eventi corrispondenti al fondo di antiprotoni.

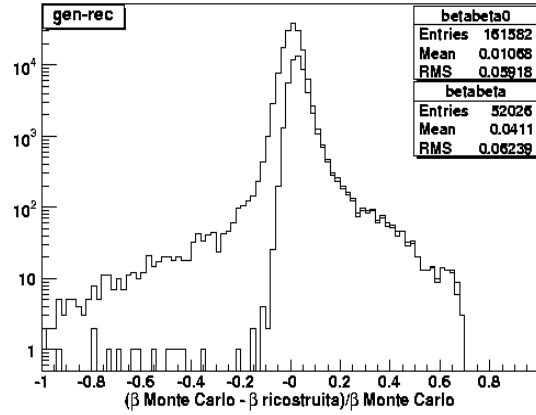


Figura 44: Distribuzione della qualità della ricostruzione di β . Confronto con la distribuzione prima della selezione.

4.4.5. Risultato complessivo per il TOF

In questo paragrafo sono riportati i valori dei tagli sul TOF e delle efficienze ottenute.

<i>Tipo di taglio</i>	<i>Efficienza del taglio</i>	
	<i>D</i>	<i>$\bar{p}$</i>
cluster extra<2	0.937±0.005	0.945±0.002
piani usati≥3	0.953±0.005	0.981±0.002
distanza=2.5σ	0.950±0.005	0.939±0.002
$\beta < 0.88$	0.505±0.004	0.322±0.001
totale	0.481±0.004	0.253±0.001

Tabella 7: Nell'ordine le righe rappresentano l'efficienza del taglio sul numero dei TOF cluster, sul numero dei piani del TOF, sulla distanza tra il cluster del TOF e l'extrapolazione della traccia ricostruita dal TRK, sul valore di β e l'efficienza totale dei tagli.

5. Risultati

In questo capitolo sono riportati i risultati complessivi per l'analisi effettuata sul fondo di antiprotoni. I risultati ottenuti sono:

- qualità totale della ricostruzione di β ,
- ricostruzione del picco della distribuzione di massa del campione,
- efficienza totale della selezione,
- numero di eventi aspettati per il fondo e per il segnale.

In figura 45 sono riportate le distribuzioni della qualità della ricostruzione di β per gli antiprotoni e per i deutoni. Si nota che i tagli permettono di rigettare il 90% degli eventi di fondo di antiprotoni ed il 76% dei deutoni erroneamente ricostruiti.

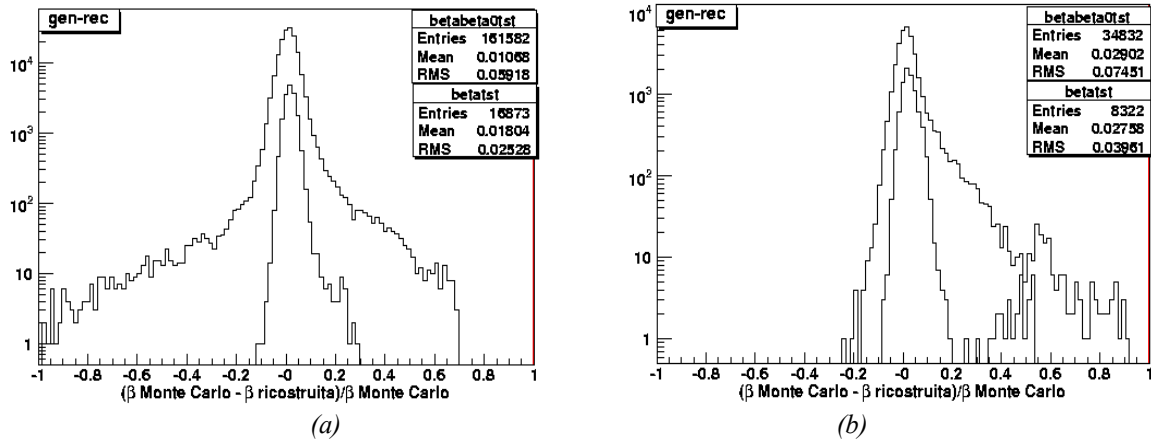


Figura 45: Distribuzione della qualità di ricostruzione di β da parte di tutti i tagli. Confronto con la distribuzione dopo la preselezione. Per gli antiprotoni (a). Per i deutoni (b).

Qui di seguito è riportata la ricostruzione delle masse degli antiprotoni e dei deutoni in seguito a tutti i tagli descritti in precedenza ed utilizzando il valore di β ricostruita nel TOF, si veda la formula (15). Il risultato ottenuto è riportato in figura 46. In figura 46 (a) è riportata la ricostruzione della massa per gli antiprotoni. La distribuzione è stata interpolata

con una gaussiana. Il picco si trova a $0.955 \text{ GeV}/c^2$ e la σ della distribuzione al picco è 0.088 . In figura 46 (b) è riportata, invece, la ricostruzione della massa per i deutoni. Anche in questo caso la distribuzione è stata fittata con una gaussiana. Il picco si trova a $1.887 \text{ GeV}/c^2$ e la σ della gaussiana 0.087 .

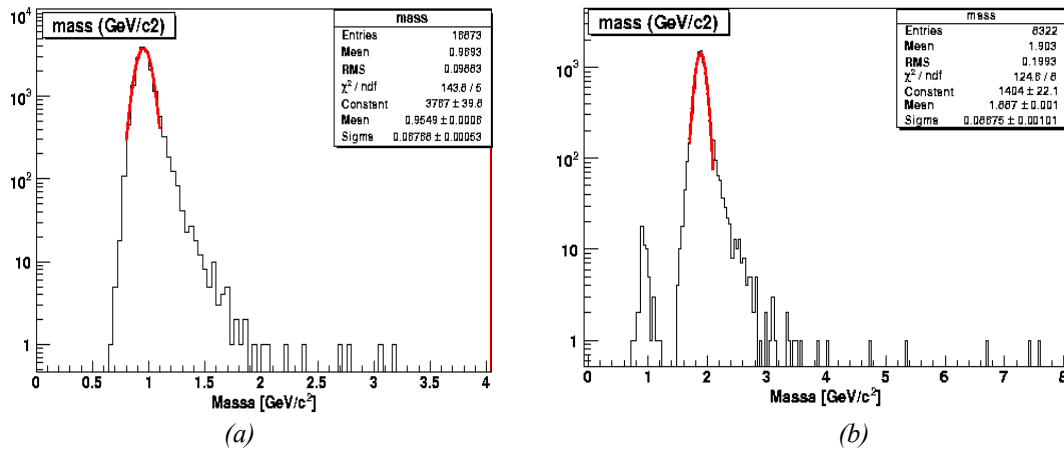


Figura 46: Distribuzione in scala logaritmica della massa. Degli antiprotoni (a). Dei deutoni (b).

Nella seguente tabella sono riportati i valori dell'efficienza totale dei tagli.

	D	$\bar{p}$
Num. eventi selezionati	8322	16873
Efficienza tot.	0.239±0.003	0.104±0.001
Efficienza tot. 1.6 GeV/c ² < m < 2.1 GeV/c ²	0.222±0.003	0.00013±0.00003

Tabella 8: Valori delle efficienze per i diversi set di parametri delle distanze.

Nelle figure 47 (a) e 48 (a) sono riportati gli andamenti dell'efficienza in funzione del valore del momento con β fissata a 0.88. Nelle figure 47 (b) e 48 (b), invece, sono riportati gli andamenti dell'efficienza in funzione del taglio su β con valore dell'impulso ricostruito maggiore di 0.85 GeV/c.

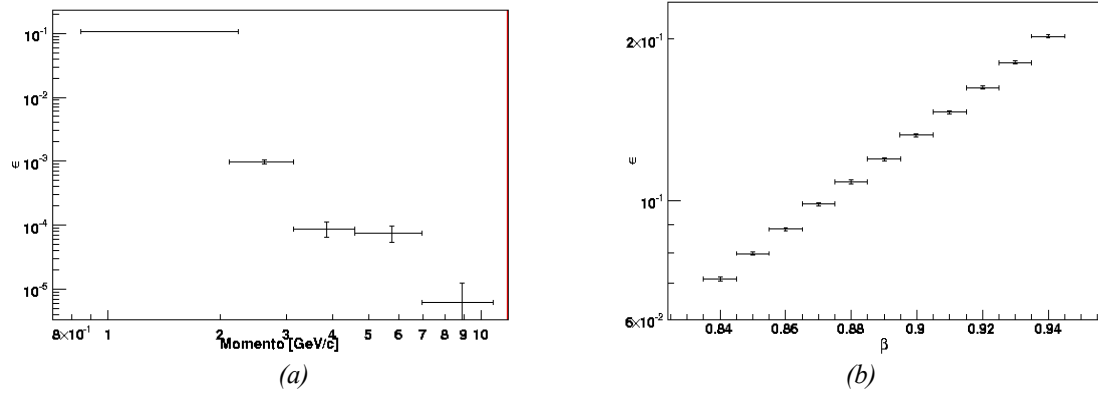


Figura 47: Andamento dell'efficienza. In funzione del momento (a). In funzione di β (b).

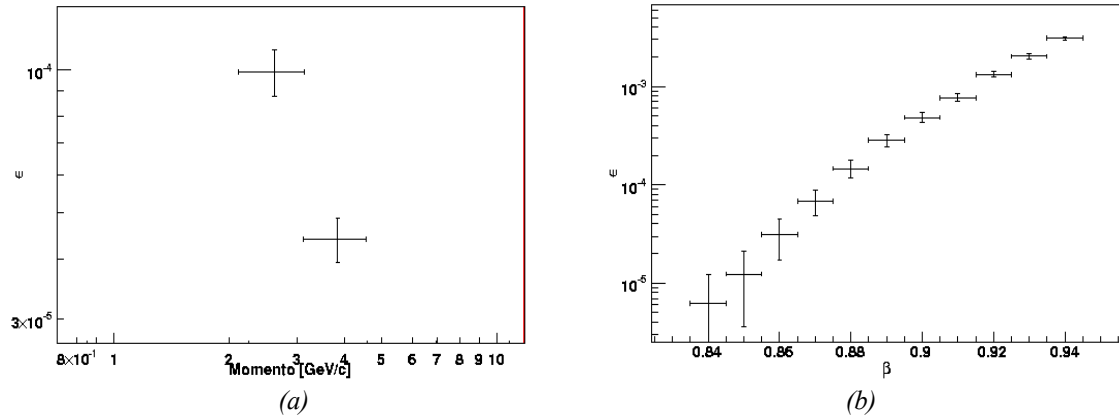


Figura 48: Andamento dell'efficienza nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$. In funzione del momento (a). In funzione di β (b).

Qui di seguito sono riportate le efficienze in funzione dei tagli su alcuni dei valori di β ricostruiti nel TOF.

		$\beta < 0.90$	$\beta < 0.88$	$\beta < 0.85$	$\beta < 0.80$
$\bar{p}$	Effic. tot.	0.380 ± 0.002	0.322 ± 0.001	0.280 ± 0.001	0.208 ± 0.001
	Effic. finestra di massa	0.0420 ± 0.0005	0.0120 ± 0.0003	0.0040 ± 0.0002	0.00110 ± 0.00008
D	Effic. tot.	0.554 ± 0.004	0.505 ± 0.004	0.460 ± 0.004	0.387 ± 0.003

Tabella 9: Efficienza del taglio effettuato su β dopo aver effettuato il taglio sulla massa degli antiprotoni. L'efficienza al picco è calcolata in una finestra di massa $0.88 \text{ GeV}/c^2 < m < 1.08 \text{ GeV}/c^2$, mentre quella della coda è relativa a valori della massa superiori a $1.6 \text{ GeV}/c^2$.

Nel grafico 49, riportato qui di seguito, sono mostrate le distribuzioni di massa per gli antiprotoni al variare del valore di β . Si nota che la coda degli eventi che costituiscono il fondo viene rigettata al restringere il valore del taglio sulla velocità delle particelle.

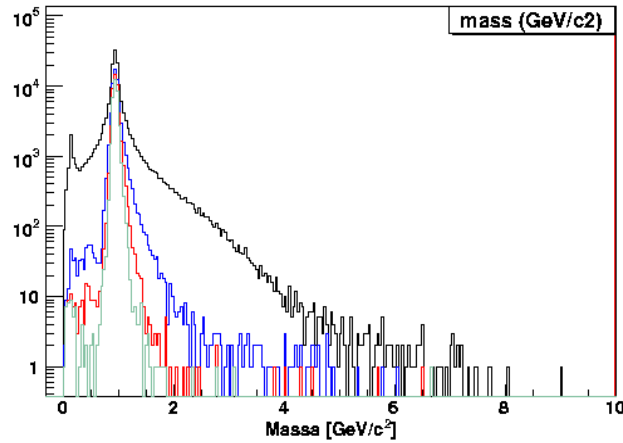


Figura 49: Distribuzione in scala logaritmica della massa degli antiprotoni. Il grafico in nero è quello prima della selezione, gli altri sono relativi alla selezione, rispettivamente: quello in blu è per $\beta < 0.90$, quello in rosso per $\beta < 0.85$, quello in verde per $\beta < 0.80$.

Dalla Tabella 8 si conclude che i tagli effettuati permettono di rigettare il 99.987% degli eventi di background. Infatti tali eventi, corrispondenti alla finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$, risultano essere quasi scomparsi.

Per calcolare il numero di antiprotoni ed antideutoni registrati da AMS 2, durante il periodo di presa dati, la distribuzione in momento è stata divisa in cinque intervalli tra 0.85 GeV/c e 10.8 GeV/c:

$$N_{\bar{p}, \bar{D}} = 3 \text{ anni} \cdot \sum_i \phi_{\bar{p}, \bar{D}}(P)_i \cdot \alpha(P)_i \cdot \epsilon_{\bar{p}, \bar{D}}(P)_i \Delta(P)_i \quad (16)$$

dove ϕ è il flusso di antiprotoni o antideutoni, α è l'accettanza dello strumento, ϵ è l'efficienza totale, $\Delta(P)$ è l'intervallo di momento, mentre 3 anni è il tempo espresso in secondi (94608000 s) ed è il periodo di presa dati di AMS 2.

Il valore Monte Carlo del numero di eventi di antiprotoni osservati in tre anni con l'esperimento AMS 2 risulta essere: 45577 con un errore pari a 214, invece nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ si hanno 105 eventi di background con un errore di 10 (si veda tabella 10). Il numero di antideutoni stimato risulta invece essere pari a 1 con un errore di 1 (si veda tabella 11). Tali numeri ricavati sia per gli antiprotoni sia per gli antideutoni sono stati calcolati come segue.

Il flusso è stato diviso anch'esso in cinque intervalli, corrispondenti ai diversi valori del momento. Per gli antiprotoni e per gli antideutoni è stato valutato il flusso dalla figura 4. Per la stima del flusso in ogni intervallo sono stati presi i due valori estremi e mediati.

$P_0(\text{GeV})$	$\Delta(P)$ (GeV)	$\phi(\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{sr}^{-1})$ GeV ⁻¹	$\alpha(\text{m}^2\text{sr})$	$\epsilon \pm \Delta$	$N_{\bar{p}} \pm \Delta$	$\epsilon_w \pm \Delta$	$N_{\bar{p}, w} \pm \Delta$
0.85	1.39	$2 \cdot 10^{-2}$	0.158	$(1071.8 \pm 8.1) 10^{-4}$	44539	0 $\pm$ 0	0
2.24	0.89	$2.05 \cdot 10^{-2}$	0.489	$(97.8 \pm 7.8) 10^{-5}$	826	$(9.9 \pm 2.5) 10^{-5}$	84
3.13	1.45	$1.55 \cdot 10^{-2}$	0.237	$(8.7 \pm 2.3) 10^{-5}$	44	$(4.3 \pm 16) 10^{-5}$	22
4.58	2.38	$5.8 \cdot 10^{-2}$	0.164	$(7.4 \pm 2.1) 10^{-5}$	159	0 $\pm$ 0	0
6.96	3.84	$3.6 \cdot 10^{-3}$	1.021	$(6.2 \pm 62000) 10^{-6}$	83	0 $\pm$ 0	0
Numero tot.					45577 $\pm$ 214		105 $\pm$ 10

Tabella 10: Le colonne rappresentano rispettivamente i valori dell'intervallo d'impulso, dell'intervallo di flusso relativo all'impulso, dell'intervallo accettanza relativo all'impulso, l'efficienza per gli antiprotoni nell'intervallo d'impulso considerato, il numero di antiprotoni calcolato, l'efficienza nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$, il numero di antiprotoni nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$.

$P_0(\text{GeV})$	$\Delta(P) (\text{GeV})$	$\phi(\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{GeV}^{-1})$	$\alpha(\text{m}^2\text{sr})$	$\epsilon \pm \Delta$	$N_{\bar{p}} \pm \Delta$
0.85	1.39	$3.65 \cdot 10^{-8}$	0.158	0 ± 0	0
2.24	0.89	$7.5 \cdot 10^{-8}$	0.489	$(147.3 \pm 2.1) 10^{-3}$	1
3.13	1.45	$1.205 \cdot 10^{-7}$	0.237	$(68.8 \pm 1.4) 10^{-3}$	0
4.58	2.38	$1.65 \cdot 10^{-7}$	0.164	$(241.4 \pm 8.3) 10^{-4}$	0
6.96	3.84	$1.6 \cdot 10^{-7}$	1.021	$(10.3 \pm 1.7) 10^{-4}$	0
Numero tot.					1 ± 1

Tabella 11: Le colonne rappresentano rispettivamente i valori dell'intervallo d'impulso, dell'intervallo di flusso relativo all'impulso, dell'intervallo accettazione relativo all'impulso, l'efficienza per gli antideutoni nell'intervallo d'impulso considerato, il numero di antideutoni calcolato.

Gli errori sul numero di antiprotoni ed antideutoni sono stati considerati pari alla radice quadrata del loro valore, mentre quelli relativi all'efficienza sono stati calcolati come segue. L'efficienza si scrive:

$$\epsilon = \frac{n}{N} \quad (17)$$

dove n è il numero di eventi che passa una certa selezione e N è il numero di eventi totali. Poichè N è un numero, e non una variabile statistica, è stato assunto essere senza errore. La variabile n , invece, appartiene ad una distribuzione poissoniana ed il suo errore viene stimato con la radice quadrata del suo valore. Conoscendo dunque l'errore sulla variabile n è possibile calcolare quello sull'efficienza dalla propagazione dell'errore:

$$\Delta_{\epsilon} = \frac{\sqrt{n}}{N} \quad (18)$$

dove il termine $\frac{1}{N}$ è la derivata dell'efficienza (17) rispetto alla variabile n .

Per quanto riguarda il calcolo dell'accettazione in intervalli di momento, è stato effettuato il procedimento che segue. La funzione dell'accettazione (definita tra 0.5 GeV/c e 300 GeV/c) è riportata di seguito ed in figura 50.

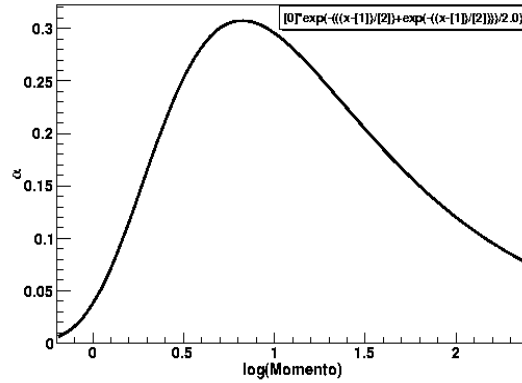


Figura 50: Andamento dell'accettazione.

$$\alpha = 0.507 \cdot e^{-((\log(P) - 0.823)/0.417)^2} - e^{-((\log(P) - 0.823)/0.417)^2/2.0} \quad (20)$$

dove P è l'impulso della particella. L'accettazione è stata valutata per i sei valori di momento compresi tra 0.85 GeV/c e 10.8 GeV/c. Il valore in ciascun intervallo è stato calcolato come per i flussi, ovvero facendo la media dei valori agli estremi.

Per quanto riguarda le efficienze, esse sono state calcolate in corrispondenza dei singoli intervalli di momento.

Qui di seguito sono inoltre riportati i grafici del numero di antiprotoni Monte Carlo in funzione del taglio sul valore del momento e sul valore di β , figure 51 e 52. Per quanto riguarda gli andamenti in funzione dei diversi valori di β , è stata usata la medesima procedura descritta precedentemente, ma il calcolo dei diversi valori dell'efficienza è stato effettuato variando il valore del taglio sulla velocità tra 0.84 e 0.94.

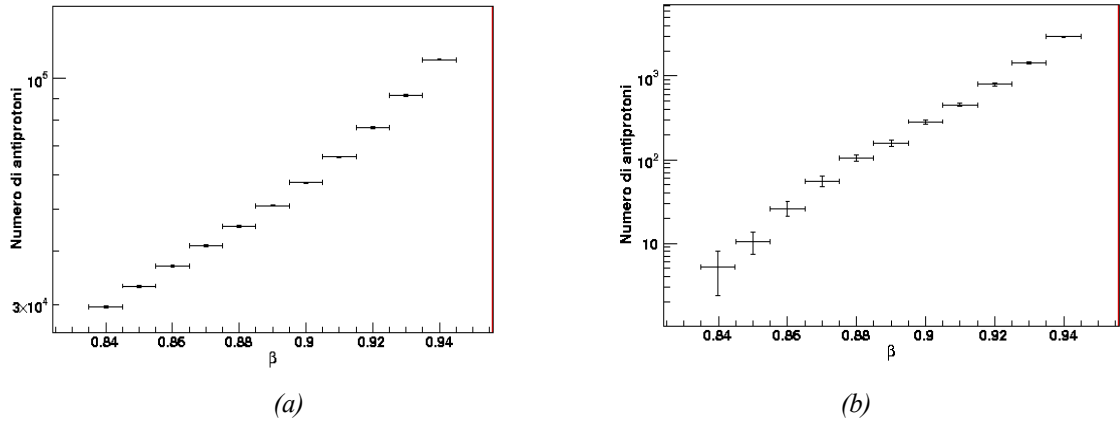


Fig.ura 51: Andamento del numero di antiprotoni. In funzione del valore del taglio su β (a). In funzione del valore del taglio su β , nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ (b).

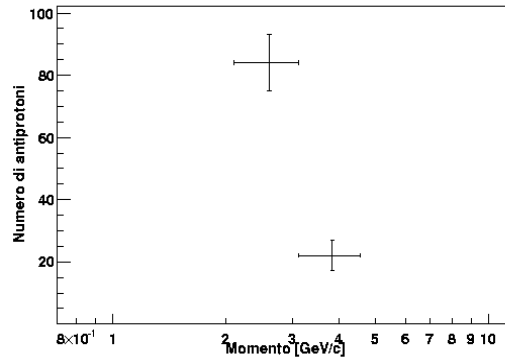


Fig.ura 52: Andamento del numero di antiprotoni in funzione del momento, nella finestra di massa $1.6 \text{ GeV}/c^2 < m < 2.1 \text{ GeV}/c^2$ e per $\beta < 0.88$.

Per quanto la statistica sia bassa, ciò che si può notare dalla figura 52 è che gli antiprotoni di fondo sono per la maggior parte quelli che hanno impulsi compresi tra $2.24 \text{ GeV}/c$ e $4.58 \text{ GeV}/c$. Antiprotoni con alti valori del momento, così come anche quelli di basso impulso, vengono correttamente ricostruiti da AMS 2.

6. Conclusioni

In questo primo studio per la ricerca di antideutoni si trova che il numero di antiprotoni di fondo stimato risulta dunque essere pari a ~ 105 eventi, sebbene il risultato ottenuto sia affetto da un grande errore. Poichè si stima che il numero di antideutoni sia pari a ~ 1 (circa 10^{-2} volte il segnale dovuto al fondo di antiprotoni), si conclude che tale valore non può essere risolto dal fondo stimato, mediante l'esperimento AMS 2. Cambiare il valore del taglio su β non servirebbe a molto poichè per $\beta > 0.88$ si avrebbero più eventi di fondo, mentre per $\beta < 0.88$ non si vedrebbe nessun segnale legato agli antideutoni.

Nel caso si dovesse osservare un segnale dovuto agli antideutoni con l'esperimento AMS 2, questo dovrà sicuramente provenire da una sorgente diversa dalle interazioni RC – ISM. Infatti l'ipotetico segnale sarebbe da attribuire a processi esotici [27].

Facendo riferimento alla figura 5 si osserva come il flusso di antideutoni aumenti con l'introduzione del neutralino. Vi possono essere, infatti, modelli supersimmetrici per i quali il flusso di antideutoni è abbastanza grande da poter essere rivelato. In questo caso si conclude che analizzando l'ipotetico segnale di antideutoni registrato da AMS 2 durante i tre anni di presa dati si potranno ricavare nuove informazioni sulla materia oscura.

APPENDICE: *Il codice.*

Qui di seguito sono riportati alcuni dei frammenti fondamentali del codice scritto per l'analisi.

```
{
// AGGIUNGO I FILE DA FAR CORRERE.....
    AMSChain* ams = new AMSChain;
    ams->Add("../data/d/d_04.root");
    ams->Add("../data/d/134224592.0000001.root");
    ams->Add("../data/d/134224592.2197988.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1140851259.0000001.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1140851259.3138811.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1140851259.1567672.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228178.0000001.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228178.1425858.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228178.2832493.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228178.4233744.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228179.0000001.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228179.1416034.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228179.2831830.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228179.4244272.root");
    ams->Add("../data/anti_p/134228180.0000001.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.0000002.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.1402092.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.2805212.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.4222622.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.5632063.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.7039535.root");
    ams->Add("../data/anti_p/1469.8453664.root");

// CREO GLI ISTOGRAMMI.....
//AD OGNI TAGLIO RIEMPIO L'SITOGRAMMA.....

//DICHIARO LE VARIABILI E LE INIZIALIZZO A 0.....

    AMSEventR* pev = NULL;

    float xsigma[6] = {1., 1.5, 2., 2.5, 3., 3.5};
    float ysigma[6] = {0.205, 0.497, 0.744, 0.890, 0.960, 0.988};

    //////////// CICLO SU TUTTI GLI EVENTI CHE PRENDO DAI FILE CHE HO MESSO//////////
    while ((pev = ams->GetEvent())) {

        ParticleR* part = pev->pParticle(0); // CREO 1 VARIABILE DI QUESTA CLASSE
        MCEventgR* MCevt = pev->pMCEventg(0); // CREO 1 VARIABILE DI QUESTA CLASSE

        //////////// PRESELECTION ////////////

        // VOGLIO SOLO 1 PARTICELLA AMS E NON VOGLIO ANTICOINCIDENZE ////////////

        if (pev->nParticle()==1) { pe = pe + 1;

            if (pev->NAntiCluster () == 0) { nr = nr + 1;

                // VOGLIO 1 TRACCIA NEL TRK, TRD E 1 MISURA DI BETA ////////////
```

```

if(part->pTrTrack() != NULL) { tk = tk + 1;
if(part->pTrdTrack() != NULL) { tdk = tdk + 1;
if(part->pBeta() != NULL) { ba = ba + 1;
if(part->Charge == 1) { ce = ce + 1; // CARICA CON VAL ASSOLUTO=1

n = n + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI DI PRESEL.

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

int table0[4]={0, 0, 0, 0};

for (i=0; i<part->pBeta()->NTofCluster(); i++) {

TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(i); // COME DEFINIRE 1 PUNTATORE...

// COME ASSEGNARE A 1 ARRAY IL VALORE +1 OGNI VOLTA CHE IN 1 EVNT COMPARE 1 # DI
//TOF CLUSTER (1,2,3,4) NELLA POSIZIONE CORRISPONDENTE DELL'ARRAY...

for (j=1; j<5; j++) {

if (clu->Layer==j){
table0[j-1] = table0[j-1] + 1 ;
}
}}

tablesum0=table0[0]+table0[1]+table0[2]+table0[3] ;

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

for (ci=0; ci<100; ci++) {

rdx10[ci] = 0;
rdy20[ci] = 0;
rdx30[ci] = 0;
rdy40[ci] = 0;

}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==1) {
rdx10[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))));

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

} else {rdx10[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==2) {

rdy20[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))));

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

} else {rdy20[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==3) {

rdx30[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))));

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

```

```

        } else {rdx30[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

        if(clu->Layer==4) {

rdy40[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))));

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

        } else {rdy40[ci] = 0;}}

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI ANCHE PER MASS WINDOW//////////////////////////////////

//TAGLI ALTERNATHIIIIII//
//////////////////////////////////
//////////////////////////////////

if((fabs(part->Mass>1.6))&&(fabs(part->Mass<2.1))){

//////////////////////////////////DICHIARAZIONE DI VARIABILI//////////////////////////////////

//1. TOF CLUSTER

for (i=0; i<part->pBeta()->NTofCluster(); i++) {

        TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(i); // COME DEFINIRE 1 PUNTATORE...

// COME ASSEGNARE A 1 ARRAY IL VALORE +1 OGNI VOLTA CHE IN 1 EVNT COMPARE 1 # DI
//TOF CLUSTER (1,2,3,4) NELLA POSIZIONE CORRISPONDENTE DELL'ARRAY...

        for (j=1; j<5; j++) {

                if (clu->Layer==j){
table1[j-1] = table1[j-1] + 1 ;
                }
        }}

// CONDIZIONE PER CUI ACCETTO SOLO EVNT CON ALMENO 3 LAYER ACCESI (VD. CONFIGURAZIONI...) //

if((((table1[0]*table1[1])!=0)||((table1[2]*table1[3])!=0))&&(((table1[0]*table1[2])!=0)||((table1[1]*table1[3])!=0))) {

        for (ci=0; ci<100; ci++) {

//////////////////////////////////INIZIALIZZAZIONE//////////////////////////////////

                }

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

        if(clu->Layer==1) {

ddd11[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))));

                } else {ddd11[ci] = 0;}

                if(ddd11[ci]>5.2){ sommad11 = sommad11 + 1; }
        }

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

```

```

        if(clu->Layer==2) {
            ddd12[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))));
            } else {ddd12[ci] = 0;}

            if(ddd12[ci]>6.5){ sommad12 = sommad12 + 1; }
        }

    for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
        TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

        if(clu->Layer==3) {

            ddd13[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))));

            } else {ddd13[ci] = 0;}

            if(ddd13[ci]>6.12){ sommad13 = sommad13 + 1; }
        }

    for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
        TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

        if(clu->Layer==4) {

            ddd14[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))));

            } else {ddd14[ci] = 0;}

            if(ddd14[ci]>5.3){ sommad14 = sommad14 + 1; }
        }

    if((sommad11 == 0)&&(sommad12 == 0)&&(sommad13 == 0)&&(sommad14 == 0)){

        if(part->pRichRing() == NULL) {
            if(part->pBeta()->Beta<0.88) {

                if(part->pTrTrack()->NTrRecHit(>5.){

                    if(((part->pTrTrack()->Chi2FastFit)/(part->pTrTrack()->NTrRecHit())<3){

                        if((fabs(part->Momentum))>0.85){

                            int NTrdClu1=0;

                            bool trunc_ene_cut1 = false;
                            if(part->pTrdTrack() != NULL) {
                                TrdTrackR *trdtr=part->pTrdTrack();
                                float EdepClus1[30];
                                for(int j=0; j<30; j++) EdepClus1[j]=0.;
                                for(int j=0; j<trdtr->NTrdSegment(); j++) {
                                    TrdSegmentR *trdseg= trdtr->pTrdSegment(j);
                                    for(int jj=0; jj<trdseg->NTrdCluster(); jj++) {
                                        TrdClusterR *trdclu=trdseg->pTrdCluster(jj);
                                        EdepClus1[NTrdClu1]=trdclu->EDep;
                                        NTrdClu1++;
                                    }
                                }

                                int maxene1=0;
                                int minene1=0;
                                float maxenev1=EdepClus1[0];
                                float minenev1=EdepClus1[0];
                                for(int j=1; j<NTrdClu1; j++) {
                                    if(EdepClus1[j]>maxenev1) {

```

```

maxenev1=EdepClus1[j];
maxene1=j;
}
if(EdepClus1>0. && EdepClus1[j]<minenev1) {
minenev1=EdepClus1[j];
minene1=j;
}
}

float avEtrunc1=0.;
for(int j=0; j<NTrdClu1; j++) {
if(j!=maxene1 && j!= minene1) avEtrunc1+= EdepClus1[j];
}
avEtrunc1/=(NTrdClu1-2);

if(fabs(part->Momentum)>1. &&
fabs(part->Momentum)<2.) {
if(avEtrunc1<4.7) trunc_ene_cut1=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>2. &&
fabs(part->Momentum)<3.0) {
if(avEtrunc1<4.1) trunc_ene_cut1=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>3. &&
fabs(part->Momentum)<5.0) {
if(avEtrunc1<3.3) trunc_ene_cut1=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>5. &&
fabs(part->Momentum)<20.0) {
if(avEtrunc1<3.0) trunc_ene_cut1=true;
}
}
if(trunc_ene_cut1==true){

    int NTrdCluste1=0;
    float Edeptottrack1 = 0;
    float Edeptottrackdirect1 = 0;
    float Etot1=0;

    if(part->pTrdTrack() != NULL) {
        TrdTrackR *trdtr=part->pTrdTrack();
        float EdepCluster1[30];
        for(int j=0; j<30; j++) EdepCluster1[j]=0.;
        for(int j=0; j<trdtr->NTrdSegment(); j++) {
            TrdSegmentR *trdseg= trdtr->pTrdSegment(j);
            for(int jj=0; jj<trdseg->NTrdCluster(); jj++) {
                TrdClusterR *trdclu=trdseg->pTrdCluster(jj);

                Edeptottrackdirect1=Edeptottrackdirect1+trdclu->EDep;

                EdepCluster1[NTrdCluste1]=trdclu->EDep;
                NTrdCluste1++;
            }
        }
    } else{Edeptottrackdirect1=0;}

    for (i=0; i<pev->NTrdCluster(); i++) {TrdClusterR* trdcluster = pev->pTrdCluster(i);
        Etot1=Etot1+trdcluster->EDep;}

    if(((Edeptottrackdirect1)/(Etot1))>0.87){

        bool road_cut_passed1=false;
        float aroads1[8];
        const float dzielnik=0.40;
        aroads1[0] = 2.38/dzielnik;
        aroads1[1] = 1.69/dzielnik;
        aroads1[2] = 1.63/dzielnik;
        aroads1[3] = 1.36/dzielnik;

```



```

aroads1[4] = 1.35/dzielnik;
aroads1[5] = 1.7/dzielnik;
aroads1[6] = 1.6/dzielnik;
aroads1[7] = 1.78/dzielnik;
int kcand1;
int laycand1, statcand1;
float hit_distX1, hit_distY1, hit_distZ1, hit_distT1;
float eneroad1=0;
float eneroads1[8], enelay1[8], enelayc1[8];
int nhitslay1[8], nhitslayroad1[8];
for(int kkk=0; kkk<8; kkk++) {
    eneroads1[kkk]=0.; enelay1[kkk]=0.;
    nhitslay1[kkk]=0; nhitslayroad1[kkk]=0;
    enelayc1[kkk]=0.;
}

bool eXist1=false;
for(int kkk=0; kkk<8; kkk++) {
    kcand1=-1;

    for(int iki=0; iki<pev->nTrRecHit(); iki++) {
        TrRecHitR *hhit = pev->pTrRecHit(iki);
        if(hhit->pTrCluster('x')!=NULL) {
            TrClusterR *clux = hhit->pTrCluster('x');
            eXist1=true;
        }
        TrClusterR *cluy = hhit->pTrCluster('y');
        laycand1 = hhit->Layer;
        if(laycand1 == kkk+1) {
            hit_distX1 = pow(hhit->Hit[0]-part->TrCoo[laycand1-1][0],2);
            hit_distY1 = pow(hhit->Hit[1]-part->TrCoo[laycand1-1][1],2);
            hit_distZ1 = pow(hhit->Hit[2]-part->TrCoo[laycand1-1][2],2);
            hit_distT1 = pow(hit_distX1+hit_distY1,0.5);
            if(laycand1==1) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
            if(laycand1==2) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
            if(laycand1==3) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
            if(laycand1==4) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
            if(laycand1==5) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
            if(laycand1==6) {
                enelay1[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
                enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay1[kkk]++;
            }
        }
    }
}

```

```

if(laycand1==7) {
enelay1[kkk] += hhit->Sum;
if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay1[kkk]++;
}
if(laycand1==8) {
enelay1[kkk] += hhit->Sum;
if(eXist1) enelayc1[kkk] += clux->Sum;
enelayc1[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay1[kkk]++;
}

if(hit_distT1<aroads1[kkk]) {
kcand1=kkk;
eneroad1+=hhit->Sum;
eneroads1[kkk]+=hhit->Sum;
nhitslayroad1[kkk]++;
}
}
}
}

int eneall1 = 0;
for(int kki=0 ; kki<8 ; kki++ ) eneall1+=enelay1[kki];

if(eneall1>0. && eneroad1/eneall1<0.175175) {
road_cut_passed1=false;
}
if(eneall1>0. && eneroad1/eneall1>0.175175) {
road_cut_passed1=true;
}

////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////

} } } } } } } }

//2. TOF LAYER.....ETC ETC.....

////////////////////////////////OGNI VOLTA TOLGO UN TAGLIO DIVERSO, LO FACCIO
////////////////////////////////TANTE VOLTE QUANTE SONO I TAGLI
////////////////////////////////E OGNI VOLTA RIEMPIO GLI ISTOGRAMMI

} } } } } } } }

}

////////////////////////////////
////////////////////////////////

//////////////////////////////// SELECTION //////////////////////////////////

// IL NUMERO DEI TOF CLUSTER NON USATI PER LA MISURAZ DI BETA DEVE ESSERE:////////////////////////////////
if (((pev->NTofCluster())-(part->pBeta()->NTofCluster()))<2){

////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////

if (((pev->NTofCluster())-(part->pBeta()->NTofCluster()))<1){

////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////
} }

// DICHIARO L'ARRAY X LE POSIZIONI DAY LAYER...
int table[4]={0, 0, 0, 0};

```

```

// CICLO SUL # DEI TOF CLUSTER X OGNI EVENTO (PARTIC. AMS) //////////////////////////////////
for (i=0; i<part->pBeta()->NTofCluster(); i++) {

    TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(i); // COME DEFINIRE 1 PUNTATORE...

// COME ASSEGNARE A 1 ARRAY IL VALORE +1 OGNI VOLTA CHE IN 1 EVNT COMPARE 1 # DI
//TOF CLUSTER (1,2,3,4) NELLA POSIZIONE CORRISPONDENTE DELL'ARRAY...

    for (j=1; j<5; j++) {

        if (clu->Layer==j){
            table[j-1] = table[j-1] + 1 ;
        }
    }

// CONDIZIONE PER CUI ACCETTO SOLO EVNT CON ALMENO 3 LAYER ACCESI (VD. //CONFIGURAZIONI...) //
if((((table[0]*table[1])!=0)||((table[2]*table[3])!=0))&&(((table[0]*table[2])!=0)||((table[1]*table[3])!=0)))){

    l = l + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF.

    tablesum=table[0]+table[1]+table[2]+table[3] ;

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////

}

if((table[0]*table[1]*table[2]*table[3])!=0){
//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
}

//////////////////////////////////LAYERS A DUE A DUE PERCHE HANNO DIVERSE DIREZIONI.....//////////////////////////////////
//////////////////////////////////CON UN CICLO SUI LAYERS LI POTREI FARE A 2 A 2 MA LI VEDO SINGOLI.....

    for (ci=0; ci<100; ci++) {
        ////////////////////////////////////INIZIALIZZAZIONE//////////////////////////////////
    }

    for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
        TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

        if(clu->Layer==1) {

            rdx1[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))));

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////

                //per gauss
                ////////////////////////////////////
                rdx1g[ci] = ((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]));
//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
                ////////////////////////////////////

        } else {rdx1[ci] = 0;
                rdx1g[ci] = 0;}

        if(rdx1[ci]>5.2){ sommax1 = sommax1 + 1; }

                if(rdx1[ci]>2.08){ valore11 = valore11+1; }
                if(rdx1[ci]>3.12){ valore12 = valore12+1; }
                if(rdx1[ci]>4.16){ valore13 = valore13+1; }
                if(rdx1[ci]>5.2){ valore14 = valore14+1; }
                if(rdx1[ci]>6.24){ valore15 = valore15+1; }
                if(rdx1[ci]>7.28){ valore16 = valore16+1; }

    }
}

```

```

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
  TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

  if(clu->Layer==2) {

    rdy2[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))));

    //////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////

    //////////////////////////////////per gauss////////////////////////////////////
    rdy2g[ci] = ((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]));
    //////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////

    } else {rdy2[ci] = 0;
            rdy2g[ci] = 0;}

    if(rdy2[ci]>6.5){ sommay2 = sommay2 + 1; }

    if(rdy2[ci]>2.08){ valore21 = valore21+1; }
    if(rdy2[ci]>3.12){ valore22 = valore22+1; }
    if(rdy2[ci]>4.16){ valore23 = valore23+1; }
    if(rdy2[ci]>5.2){ valore24 = valore24+1; }
    if(rdy2[ci]>6.24){ valore25 = valore25+1; }
    if(rdy2[ci]>7.28){ valore26 = valore26+1; }

  }

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
  TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

  if(clu->Layer==3) {

    rdx3[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))));

    //////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////

    //////////////////////////////////per gauss////////////////////////////////////
    rdx3g[ci] = ((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]));
    //////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////

    } else {rdx3[ci] = 0;
            rdx3g[ci] = 0;}

    if(rdx3[ci]>6.12){ sommax3 = sommax3 + 1; }

    if(rdx3[ci]>2.08){ valore31 = valore31+1; }
    if(rdx3[ci]>3.12){ valore32 = valore32+1; }
    if(rdx3[ci]>4.16){ valore33 = valore33+1; }
    if(rdx3[ci]>5.2){ valore34 = valore34+1; }
    if(rdx3[ci]>6.24){ valore35 = valore35+1; }
    if(rdx3[ci]>7.28){ valore36 = valore36+1; }

  }

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
  TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

  if(clu->Layer==4) {

    rdy4[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))));

    //////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////

    //////////////////////////////////per gauss

```

```

////////////////////////////////////
rdy4g[ci] = ((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]));

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////

////////////////////////////////////

} else {rdy4[ci] = 0;
        rdy4g[ci] = 0;}

if(rdy4[ci]>5.3){ sommay4 = sommay4 + 1; }

if(rdy4[ci]>2.08){ valore41 = valore41+1; }
if(rdy4[ci]>3.12){ valore42 = valore42+1; }
if(rdy4[ci]>4.16){ valore43 = valore43+1; }
if(rdy4[ci]>5.2){ valore44 = valore44+1; }
if(rdy4[ci]>6.24){ valore45 = valore45+1; }
if(rdy4[ci]>7.28){ valore46 = valore46+1; }

}

if(sommax1 == 0){ dist1 = dist1 + 1;}
if(sommay2 == 0){ dist2 = dist2 + 1;}
if(sommax3 == 0){ dist3 = dist3 + 1;}
if(sommay4 == 0){ dist4 = dist4 + 1;}

if((valore11 == 0)&&(valore21 == 0)&&(valore31 == 0)&&(valore41 == 0)){ valore1 = valore1 + 1;}
if((valore12 == 0)&&(valore22 == 0)&&(valore32 == 0)&&(valore42 == 0)){ valore2 = valore2 + 1;}
if((valore13 == 0)&&(valore23 == 0)&&(valore33 == 0)&&(valore43 == 0)){ valore3 = valore3 + 1;}
if((valore14 == 0)&&(valore24 == 0)&&(valore34 == 0)&&(valore44 == 0)){ valore4 = valore4 + 1;}
if((valore15 == 0)&&(valore25 == 0)&&(valore35 == 0)&&(valore45 == 0)){ valore5 = valore5 + 1;}
if((valore16 == 0)&&(valore26 == 0)&&(valore36 == 0)&&(valore46 == 0)){ valore6 = valore6 + 1;}

if((sommax1 == 0)&&(sommay2 == 0)&&(sommax3 == 0)&&(sommay4 == 0)){ dist1234 = dist1234 + 1;

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////

}

//QUESTO ELSE LO COMMENTO QUANDO HO TUTTI I TAGLI APERTI....

/*           else {

for (ci=0; ci<4; ci++) { maaxrej[ci] = 0;
                        layyrej=0;    }

        max1rej = rdx1[0];
        max2rej = rdy2[0];
        max3rej = rdx3[0];
        max4rej = rdy4[0];

for (ci=1; ci<100; ci++) {

        if(rdx1[ci]>max1rej){max1rej=rdx1[ci];}

        if(rdy2[ci]>max2rej){max2rej=rdy2[ci];}

        if(rdx3[ci]>max3rej){max3rej=rdx3[ci];}

        if(rdy4[ci]>max4rej){max4rej=rdy4[ci];} }

        distmediarej=((max1rej+max2rej+max3rej+max4rej)/4);

        maaxrej[0]=max1rej;
        maaxrej[1]=max2rej;
        maaxrej[2]=max3rej;
        maaxrej[3]=max4rej;

```

```

        maxxrej = maaxrej[0];

        for (ci=1; ci<4; ci++) {
            if(maaxrej[ci]>maxxrej){maxxrej=maaxrej[ci];
                                   layyrej=ci; }else{layyrej=0;}}

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

    }

    for (ci=0; ci<4; ci++) { maax[ci] = 0;
                             layyrej=0; }

    max1 = rdx1[0];
    max2 = rdy2[0];
    max3 = rdx3[0];
    max4 = rdy4[0];

    for (ci=1; ci<100; ci++) {

        if(rdx1[ci]>max1){max1=rdx1[ci];}

        if(rdy2[ci]>max2){max2=rdy2[ci];}

        if(rdx3[ci]>max3){max3=rdx3[ci];}

        if(rdy4[ci]>max4){max4=rdy4[ci]; }

        distmedia=((max1+max2+max3+max4)/4);

        maax[0]=max1;
        maax[1]=max2;
        maax[2]=max3;
        maax[3]=max4;

        maxx = maax[0];

        for (ci=1; ci<4; ci++) {
            if(maax[ci]>maxx){maxx=maax[ci];
                             layy=ci; }else{layy=0;}}

        h_distmax->Fill(maxx);
        h_distmaxaverage->Fill(maxx-distmedia);
        h_distmax2d->Fill(distmedia,maxx);
        h_hlayy->Fill(layy+1);

        */

    //COMMENTATO FINO A QUI.....

    if(part->pRichRing() == NULL) { norich = norich + 1;
        if(part->pBeta()->Beta<0.88) {contbeta = contbeta + 1;

        //////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////
    }

    if(part->pTrTrack()->NTrRecHit(>5.){hiit = hiit + 1;}}
    if(((part->pTrTrack()->Chi2FastFit)/(part->pTrTrack()->NTrRecHit())<3){dof = dof + 1;}}
    if((fabs(part->Momentum))>0.85){mocu = mocu + 1;}}

    //Energy in tunnel around the track/total energy > 0.175

    bool road_cut_passed=false;
    float aroads[8];
    const float dzielnik=0.40; // 2.5 sigma cut

```

```

aroads[0] = 2.38/dzielnik;
aroads[1] = 1.69/dzielnik;
aroads[2] = 1.63/dzielnik;
aroads[3] = 1.36/dzielnik;
aroads[4] = 1.35/dzielnik;
aroads[5] = 1.7/dzielnik;
aroads[6] = 1.6/dzielnik;
aroads[7] = 1.78/dzielnik;
int kcand; // no of the cluster candidate
int laycand, statcand;
float hit_distX, hit_distY, hit_distZ, hit_distT;
float eneroad=0;
float eneroads[8], enelay[8], enelayc[8];
int nhitslay[8], nhitslayroad[8];
for(int kkk=0; kkk<8; kkk++) {
    eneroads[kkk]=0.; enelay[kkk]=0.;
    nhitslay[kkk]=0; nhitslayroad[kkk]=0;
    enelayc[kkk]=0.;
}
// loop over layers
bool eXist=false;
for(int kkk=0; kkk<8; kkk++) {
    kcand=-1;
    // loop over all hits in TRK
    for(int iki=0; iki<pev->nTrRecHit(); iki++) {
        TrRecHitR *hhit = pev->pTrRecHit(iki);
        if(hhit->pTrCluster('x')!=NULL) {
            TrClusterR *clux = hhit->pTrCluster('x');
            eXist=true;
        }
        TrClusterR *cluy = hhit->pTrCluster('y');
        laycand = hhit->Layer;
        if(laycand == kkk+1) {
            hit_distX = pow(hhit->Hit[0]-part->TrCoo[laycand-1][0],2);
            hit_distY = pow(hhit->Hit[1]-part->TrCoo[laycand-1][1],2);
            hit_distZ = pow(hhit->Hit[2]-part->TrCoo[laycand-1][2],2);
            hit_distT = pow(hit_distX+hit_distY,0.5);
            if(laycand==1) {
                enelay[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
                enelayc[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay[kkk]++;
            }
            if(laycand==2) {
                enelay[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
                enelayc[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay[kkk]++;
            }
            if(laycand==3) {
                enelay[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
                enelayc[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay[kkk]++;
            }
            if(laycand==4) {
                enelay[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
                enelayc[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay[kkk]++;
            }
            if(laycand==5) {
                enelay[kkk] += hhit->Sum;
                if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
                enelayc[kkk] += cluy->Sum;
                nhitslay[kkk]++;
            }
        }
        if(laycand==3) {
            enelay[kkk] += hhit->Sum;

```

```

if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
enelayc[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay[kkk]++;
}
if(laycand==6) {
enelay[kkk] += hhit->Sum;
if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
enelayc[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay[kkk]++;
}
if(laycand==7) {
enelay[kkk] += hhit->Sum;
if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
enelayc[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay[kkk]++;
}
if(laycand==8) {
enelay[kkk] += hhit->Sum;
if(eXist) enelayc[kkk] += clux->Sum;
enelayc[kkk] += cluy->Sum;
nhitslay[kkk]++;
}
if(hit_distT<aroads[kkk]) {
kcand=kkk;
eneroad+=hhit->Sum;
eneroads[kkk]+=hhit->Sum;
nhitslayroad[kkk]++;
}
}
}
}

int eneall = 0;
for(int kki=0 ; kki<8 ; kki++ ) eneall+=enelay[kki];

if(eneall>0. && eneroad/eneall<0.175175) {
road_cut_passed=false;
}
if(eneall>0. && eneroad/eneall>0.175175) { calhits=calhits+1;
road_cut_passed=true;

h_momentotrk->Fill(((MCevt->Momentum)-fabs(part->Momentum))/(MCevt->Momentum));

//}

////////////////////////////////////

//truncated average energy on TRD track < 4 MeV

int NTrdClu=0;

bool trunc_ene_cut = false;
if(part->pTrdTrack() != NULL) { trdtrk=trdtrk+1;
TrdTrackR *trdtr=part->pTrdTrack();
float EdepClus[30];
for(int j=0; j<30; j++) EdepClus[j]=0.;
for(int j=0; j<trdtr->NTrdSegment(); j++) {
TrdSegmentR *trdseg= trdtr->pTrdSegment(j);
for(int jj=0; jj<trdseg->NTrdCluster(); jj++) {
TrdClusterR *trdclu=trdseg->pTrdCluster(jj);
EdepClus[NTrdClu]=trdclu->EDep;
NTrdClu++; // counting TRD clusters on track
}
} // end of loop over trd segments

// Find out max and min energy cluster
int maxene=0;
int minene=0;

```



```

float maxenev=EdepClus[0];
float minenev=EdepClus[0];
for(int j=1; j<NTrdClu; j++) {
  if(EdepClus[j]>maxenev) {
    maxenev=EdepClus[j];
    maxene=j;
  }
  if(EdepClus>0. && EdepClus[j]<minenev) {
    minenev=EdepClus[j];
    minene=j;
  }
}
// ----- //
// calculate truncated mean //
// ----- //
float avEtrunc=0.;
for(int j=0; j<NTrdClu; j++) {
  if(j!=maxene && j!= minene) avEtrunc+= EdepClus[j];
}
avEtrunc/=(NTrdClu-2);
// to perform the cut on truncated mean in momentum ranges
if(fabs(part->Momentum)>1. &&
  fabs(part->Momentum)<2.) {
  if(avEtrunc<4.7) trunc_ene_cut=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>2. &&
  fabs(part->Momentum)<3.0) {
  if(avEtrunc<4.1) trunc_ene_cut=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>3. &&
  fabs(part->Momentum)<5.0) {
  if(avEtrunc<3.3) trunc_ene_cut=true;
} elseif(fabs(part->Momentum)>5. &&
  fabs(part->Momentum)<20.0) {
  if(avEtrunc<3.0) trunc_ene_cut=true;
}
} // end of if TRD track exists
if(trunc_ene_cut==true){trdencut=trdencut+1; //}

//TRD activity cut...

int NTrdCluste=0;
float Edeptottrackdirect = 0;
float Etot=0;

if(part->pTrdTrack() != NULL) { //trdact=trdact+1;
  TrdTrackR *trdtr=part->pTrdTrack();
  float EdepCluster[30];
  for(int j=0; j<30; j++) EdepCluster[j]=0.;
  for(int j=0; j<trdtr->NTrdSegment(); j++) {
    TrdSegmentR *trdseg= trdtr->pTrdSegment(j);
    for(int jj=0; jj<trdseg->NTrdCluster(); jj++) {
      TrdClusterR *trdclu=trdseg->pTrdCluster(jj);

      Edeptottrackdirect=Edeptottrackdirect+trdclu->EDep;

      EdepCluster[NTrdCluste]=trdclu->EDep;
      NTrdCluste++; // counting TRD clusters on track
    }
  } // end of loop over trd segments
} else{Edeptottrackdirect = 0;}

for (i=0; i<pev->NTrdCluster(); i++) {TrdClusterR* trdcluster = pev->pTrdCluster(i);
  Etot=Etot+trdcluster->EDep;}

if(((Edeptottrackdirect)/(Etot))>0.87){activity = activity +1;

h_momentotrd->Fill((((fabs(MCevt->Momentum)))-(fabs(part->Momentum)))/(fabs(MCevt->Momentum)));

```

```

//}

//////////////////////////////////// "TEST" a tagli chiusi //////////////////////////////////////

if((fabs(part->Mass)>1.6)&&(fabs(part->Mass)<2.1)) { mm = mm + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X
//CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF.

if (part->pBeta()->Beta<0.95){ b095 = b095 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.9) { b09 = b09 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.85){ b085 = b085 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.8){ b08 = b08 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}

}

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
//if (part->pBeta()->Beta<0.95){ b095ch = b095ch + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI
DELL'IF
}
if (part->pBeta()->Beta<0.9){ b09ch = b09ch + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI
DELL'IF
}
if (part->pBeta()->Beta<0.85){ b085ch = b085ch + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI
DELL'IF
}
if (part->pBeta()->Beta<0.8){ b08ch = b08ch + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI EVENTI
DELL'IF
}*/

if((part->Mass<1.08)&&(part->Mass>0.88)) { peak = peak + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}

if(part->pBeta()->Beta<0.95) { b0 = b0 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
if((part->Mass<1.08)&&(part->Mass>0.88)) { pm0 = pm0 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X
//CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF
////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}}
if(part->pBeta()->Beta<0.9) { b1 = b1 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
if((part->Mass<1.08)&&(part->Mass>0.88)) { pm1 = pm1 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X
//CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF

////////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI////////////////////////////////////
}}

```

```

        if(part->pBeta()->Beta<0.85) { b2 = b2 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
        if((part->Mass<1.08)&&(part->Mass>0.88)) { pm2 = pm2 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X
//CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
        }}
        if(part->pBeta()->Beta<0.8) { b3 = b3 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
        if((part->Mass<1.08)&&(part->Mass>0.88)) { pm3 = pm3 + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X
//CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF

//////////////////////////////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////////////////////////////
        }}

        if((((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*(part->pBeta()->Beta)))>0.8)&&
        (((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*
        (part->pBeta()->Beta)))<2.)) {eventie1=eventie1+1;}
        if((((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*(part->pBeta()->Beta)))>2.)&&
        (((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*
        (part->pBeta()->Beta)))<5.)) {eventie2=eventie2+1;}
        if((((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*(part->pBeta()->Beta)))>5.)&&
        (((part->Momentum)*(part->Momentum))/((part->pBeta()->Beta)*
        (part->pBeta()->Beta)))<10.)) {eventie3=eventie3+1;}

        ////////////////////////////////////

// RIEMPIO GLI ISTOGRAMMI ////////////////////////////////////

//////////////////////////////////efficiency & sigmaeff. in bins of momentum//////////////////////////////////

        if((fabs(part->Momentum)>0.85)&&(fabs(part->Momentum)<2.24)){neffbin1++;}
        if((fabs(part->Momentum)>2.24)&&(fabs(part->Momentum)<3.13)){neffbin2++;}
        if((fabs(part->Momentum)>3.13)&&(fabs(part->Momentum)<4.58)){neffbin3++;}
        if((fabs(part->Momentum)>4.58)&&(fabs(part->Momentum)<6.96)){neffbin4++;}
        if((fabs(part->Momentum)>6.96)&&(fabs(part->Momentum)<10.8)){neffbin5++;}

        if((fabs(part->Mass)>1.6)&&(fabs(part->Mass)<2.1)){
        if((fabs(part->Momentum)>0.85)&&(fabs(part->Momentum)<2.24)){wneffbin1++;}
        if((fabs(part->Momentum)>2.24)&&(fabs(part->Momentum)<3.13)){wneffbin2++;}
        if((fabs(part->Momentum)>3.13)&&(fabs(part->Momentum)<4.58)){wneffbin3++;}
        if((fabs(part->Momentum)>4.58)&&(fabs(part->Momentum)<6.96)){wneffbin4++;}
        if((fabs(part->Momentum)>6.96)&&(fabs(part->Momentum)<10.8)){wneffbin5++;} }

////////////////////////////////// BETA efficiency & sigmaeff. in bins of momentum//////////////////////////////////
        if(part->pBeta()->Beta<0.84){
        if((fabs(part->Momentum)>0.85)&&(fabs(part->Momentum)<2.24)){beta084neffbin1++;}
        if((fabs(part->Momentum)>2.24)&&(fabs(part->Momentum)<3.13)){beta084neffbin2++;}
        if((fabs(part->Momentum)>3.13)&&(fabs(part->Momentum)<4.58)){beta084neffbin3++;}
        if((fabs(part->Momentum)>4.58)&&(fabs(part->Momentum)<6.96)){beta084neffbin4++;}
        if((fabs(part->Momentum)>6.96)&&(fabs(part->Momentum)<10.8)){beta084neffbin5++;}

        if((fabs(part->Mass)>1.6)&&(fabs(part->Mass)<2.1)){
        if((fabs(part->Momentum)>0.85)&&(fabs(part->Momentum)<2.24)){beta084wneffbin1++;}
        if((fabs(part->Momentum)>2.24)&&(fabs(part->Momentum)<3.13)){beta084wneffbin2++;}
        if((fabs(part->Momentum)>3.13)&&(fabs(part->Momentum)<4.58)){beta084wneffbin3++;}
        if((fabs(part->Momentum)>4.58)&&(fabs(part->Momentum)<6.96)){beta084wneffbin4++;}
        if((fabs(part->Momentum)>6.96)&&(fabs(part->Momentum)<10.8)){beta084wneffbin5++;} }}
        ////////////////////////////////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETAAAAAA//////////////////////////////////

        if(part->pRichRing() == NULL) {

```

```

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

if((fabs(part->Mass)>1.6)&&(fabs(part->Mass)<2.1)) { mtof = mtof + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE
//X CALCOLARE GLI EVENTI DELL'IF.

if (part->pBeta()->Beta<0.95){ b095tof = b095tof + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF
//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.9){ b09tof = b09tof + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF
//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.85){ b085tof = b085tof + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE
//GLI EVENTI DELL'IF
//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////
}
if (part->pBeta()->Beta<0.8){ b08tof = b08tof + 1; // INCREMENTO 1 VARIABILE X CALCOLARE GLI
//EVENTI DELL'IF
//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////
}

}

}

}

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

if((fabs(part->Mass>1.6))&&(fabs(part->Mass<2.1))) {

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

for (ci=0; ci<100; ci++) {

//////////INIZIALIZZAZIONE//////////
}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==1) {

rdx10w[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[0][0])-(clu->Coo[0]))));

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

} else {rdx10w[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==2) {

rdy20w[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[1][1])-(clu->Coo[1]))));

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

} else {rdy20w[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

if(clu->Layer==3) {

rdx30w[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))*((part->TOFCoo[2][1])-(clu->Coo[1]))));

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

```

```

        } else {rdx30w[ci] = 0;}}

for (ci=0; ci<part->pBeta()->NTofCluster(); ci++) {
TofClusterR *clu = part->pBeta()->pTofCluster(ci);

    if(clu->Layer==4) {

rdy40w[ci] = sqrt((((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))*((part->TOFCoo[3][0])-(clu->Coo[0]))));

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

        } else {rdy40w[ci] = 0;}}

    }

/*
    //parentesi di momentum track hit }
    //parentesi di chi2/dof }
    //parentesi di mom. value }
    //parentesi di energy tunnel }
    //parentesi del trd activity }
    //parentesi di trd energy }
    // parentesi dell'if value beta }
    // parentesi dell'if distance }
    // parentesi dell'if coi table }
    // parentesi dell'if tofcluster }
*/

    } }
    } }
} // CHIUDE IL WHILE (CICLO SUGLI EVNT).

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

effbin1=neffbin1/n;
effbin2=neffbin2/n;
effbin3=neffbin3/n;
effbin4=neffbin4/n;
effbin5=neffbin5/n;

beta084effbin1=beta084neffbin1/n;
beta084effbin2=beta084neffbin2/n;
beta084effbin3=beta084neffbin3/n;
beta084effbin4=beta084neffbin4/n;
beta084effbin5=beta084neffbin5/n;
//////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETA,
//////////E I 5 RISPETTIVI INTERVALLI DI MOMENTO

weffbin1=wneffbin1/n;
weffbin2=wneffbin2/n;
weffbin3=wneffbin3/n;
weffbin4=wneffbin4/n;
weffbin5=wneffbin5/n;

beta084weffbin1=beta084wneffbin1/n;
beta084weffbin2=beta084wneffbin2/n;
beta084weffbin3=beta084wneffbin3/n;
beta084weffbin4=beta084wneffbin4/n;
beta084weffbin5=beta084wneffbin5/n;
//////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETA,
//////////E I 5 RISPETTIVI INTERVALLI DI MOMENTO

fbin1=(1.9e-2+2.1e-2)/2;
fbin2=(2.1e-2+2e-2)/2;
fbin3=(2e-2+1.1e-2)/2;
fbin4=(1.1e-2+6.25e-3)/2;

```

```

        fibin5=(6.25e-3+1e-3)/2;

sigmaeffbin1=sqrt(neffbin1)/n;
sigmaeffbin2=sqrt(neffbin2)/n;
sigmaeffbin3=sqrt(neffbin3)/n;
sigmaeffbin4=sqrt(neffbin4)/n;
sigmaeffbin5=sqrt(neffbin5)/n;

beta084sigmaeffbin1=sqrt(beta084neffbin1)/n;
beta084sigmaeffbin2=sqrt(beta084neffbin2)/n;
beta084sigmaeffbin3=sqrt(beta084neffbin3)/n;
beta084sigmaeffbin4=sqrt(beta084neffbin4)/n;
beta084sigmaeffbin5=sqrt(beta084neffbin5)/n;
//////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETA,
//////////E I 5 RISPETTIVI INTERVALLI DI MOMENTO

//////////acceptance in bins of momentum//////////

TF1 *accet = new TF1("accet", "[0]*exp(-(((x-[1])/[2])+exp(-((x-[1])/[2])))/2.0)",-0.2,2.4);
accet->SetParameter(0,0.507);
accet->SetParameter(1,0.823);
accet->SetParameter(2,0.417);

logmom_new1 = accet->Eval(log(0.85));
logmom_new2 = accet->Eval(log(2.24));
logmom_new3 = accet->Eval(log(3.13));
logmom_new4 = accet->Eval(log(4.58));
logmom_new5 = accet->Eval(log(6.96));
logmom_new6 = accet->Eval(log(10.8));

accbin1=(logmom_new1+logmom_new2)/2;
accbin2=(logmom_new2+logmom_new3)/2;
accbin3=(logmom_new3+logmom_new4)/2;
accbin4=(logmom_new4+logmom_new5)/2;
accbin5=(logmom_new5+logmom_new6)/2;

Nantip=94608000*(fibin1*(2.24-0.85)*accbin1*effbin1+fibin2*(3.13-2.24)*accbin2*effbin2+fibin3*
(4.58-3.13)*accbin3*effbin3+fibin4*(6.96-4.58)*accbin4*effbin4+
fibin5*(10.8-6.96)*accbin5*effbin5);

errnantip=sqrt(Nantip);

beta84Nantip=94608000*(fibin1*(2.24-0.85)*accbin1*beta084effbin1+
fibin2*(3.13-2.24)*accbin2*beta084effbin2+
fibin3*(4.58-3.13)*accbin3*beta084effbin3+fibin4*(6.96-4.58)*accbin4*beta084effbin4+
fibin5*(10.8-6.96)*accbin5*beta084effbin5);
//////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETA,

errbeta84Nantip=sqrt(beta84Nantip);
errbeta85Nantip=sqrt(beta85Nantip);
errbeta86Nantip=sqrt(beta86Nantip);
errbeta87Nantip=sqrt(beta87Nantip);
errbeta88Nantip=sqrt(beta88Nantip);
errbeta89Nantip=sqrt(beta89Nantip);
errbeta90Nantip=sqrt(beta90Nantip);
errbeta91Nantip=sqrt(beta91Nantip);
errbeta92Nantip=sqrt(beta92Nantip);
errbeta93Nantip=sqrt(beta93Nantip);
errbeta94Nantip=sqrt(beta94Nantip);

Nantipw=94608000*(fibin1*(2.24-0.85)*accbin1*weffbin1+fibin2*(3.13-2.24)*accbin2*weffbin2+
fibin3*(4.58-3.13)*accbin3*weffbin3+
fibin4*(6.96-4.58)*accbin4*weffbin4+fibin5*(10.8-6.96)*accbin5*weffbin5);

errnantipw=sqrt(Nantipw);

```

```

beta84Nantipw=94608000*(fibin1*(2.24-0.85)*accbin1*beta084weffbin1+
    fibin2*(3.13-2.24)*accbin2*beta084weffbin2+
    fibin3*(4.58-3.13)*accbin3*beta084weffbin3+
    fibin4*(6.96-4.58)*accbin4*beta084weffbin4+
    fibin5*(10.8-6.96)*accbin5*beta084weffbin5);
//////////SEGUE UGUALE PER TUTTI I VALORI DI BETA,

    errbeta84Nantipw=sqrt(beta84Nantipw);
    errbeta85Nantipw=sqrt(beta85Nantipw);
    errbeta86Nantipw=sqrt(beta86Nantipw);
    errbeta87Nantipw=sqrt(beta87Nantipw);
    errbeta88Nantipw=sqrt(beta88Nantipw);
    errbeta89Nantipw=sqrt(beta89Nantipw);
    errbeta90Nantipw=sqrt(beta90Nantipw);
    errbeta91Nantipw=sqrt(beta91Nantipw);
    errbeta92Nantipw=sqrt(beta92Nantipw);
    errbeta93Nantipw=sqrt(beta93Nantipw);
    errbeta94Nantipw=sqrt(beta94Nantipw);

//////////RIEMPIMENTO DI ISTOGRAMMI//////////

// DISEGNO ISTOGRAMMI////////// ma tanto fa solo l'ultimo.....

//STAMPA VALORI
}

```

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] **T. K. Gaisser, T. Stanev**, “*Cosmic rays*”. European Physical Journal C15, 1. 14/6/2000.
- [2] **N. Stanton**, “*Introduction to cosmic rays*”. High Energy Research Group, Kansas State University.
http://www.phys.ksu.edu/~evt/Quarknet/Docs/cosmic_ray_intro.pdf. 23/11/2003.
- [3] **L. Eisenbud, E. P. Wigner**, “*La struttura del nucleo*”. Edizioni Universitarie, Boringhieri-Torino. 1960.
- [4] **R. Henning**, “*Search for Antideuterons and Strangelets in Cosmic Rays with AMS- 01*”. Massachusetts Institute of Technology. Settembre 2003.
- [5] **B. Borgia**, “*The Alfa Magnetic Spectrometer on the International Space Station*”. IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 52, n. 6, p. 2786 – 2792. Dicembre 2005.
- [6] **P. Maestro**, “*Indirect search for dark matter by measurements of the cosmic ray positron spectrum with the AMS 02 experiment*”. (Dottorato di ricerca in fisica sperimentale, relatore: prof. Pier Simone Marrocchesi). Siena. Settembre 2003.
- [7] **R. Duperray et al.**, “*Flux of light antimatter nuclei near earth, induced by Cosmic Rays in the Galaxy and in the atmosphere*”. Report LPSC 04-88. 21/4/2006.
- [8] **H. Baer, S. Profumo**, “*Low energy antideuterons: shedding light on dark matter*”.
http://www.iop.org/EJ/article/1475-7516/2005/12/008/jcap5_12_008.html. 21/12/2005.
- [9] **V. Choutko, F. Giovacchini**, “*Antideuteron Selection with AMS02 Detector*”. AMS Analysis Meeting. Aprile 2006.
- [10] **D. Perkins**, “*Particle Astrophysics*”. Oxford University Press. 2003.
- [11] **M. Sapinski**, “*Dark Matter search with AMS-02*”. Cracow Epiphany Conference on Neutrinos and Dark Matter. 5-7/1/06.
- [12] **D. Caraffini**, “*Anti-proton Flux Detection and Indirect Search for Dark M*

- with the AMS-02 Experiment*". (Dottorato di ricerca in fisica, relatore: prof. Pasquale Sodano). Perugia. A.A. 2003-2004.
- [13] **M. Aguilar et al.**, "*The Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) on the International Space Station: Part I – results from the test flight on the space shuttle*". ("Physics Reports" 336). 2002.
 - [14] **AMS**, "*The Alpha Magnetic Spectrometer AMS*". 2001.
 - [15] **F. Barao**, "*AMS a magnetic spectrometer on the International Space Station*". Vienna conference. 15-22/2/2004.
 - [16] **W. De Boer**, "*AMS - a particle spectrometer in space*". LEAP'03, International Conference on Low Energy Antiproton Physics, Yokohama, Japan. 3-7/3/2003.
 - [17] **S. Gentile**, "*The Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station*". Universal Academy Press, Inc.; The 28th international cosmic ray conference. 2003.
 - [18] **B. Monreal**, "*The Alpha Magnetic Spectrometer (AMS)*". 2002.
 - [19] **J.-P. Vialle**, "*AMS: an imaging detector on the International Space Station*". Stockholm, International Conference on Imaging Techniques in Subatomic Physics, Astrophysics, Medicine, Biology and Industry. 24-27/6/2003.
 - [20] **J. Burger, S. Gentile**, "*The performance of the AMS-02 TRD*". Universal Academy Press, Inc.; The 28th international cosmic ray conference. 2003.
 - [21] **X. Artru, G.B. Yodh**, "*Practical theory of the multilayered transition radiation detector*" ("Physical review d" volume 12, numero 5). 1/9/1975.
 - [22] **W. R. Leo**, "*Techniques for Nuclear and particle Physics Experiments; A How-to Approach*". Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo. 1994.
 - [23] **S. Gentile**, "*The Performance of AMS-02 TRD*". The 28th international cosmic ray conference. Tsukuba, Japan. 31/7–7/8 2003.
 - [24] **C. Cecchi**, "*The AMS-02 Tracker*". Universal Academy Press, Inc.; The 28th international cosmic ray conference. 2003.
 - [25] **M. Buénerd et al.**, "*The AMS 02 RICH image prototype in beam tests with 20 GeV/c per nucleon ions*". The 28th international cosmic ray conference. 2003.
 - [26] **B. Bertucci**, "*Review of precision measurements of high energy electrons*"

(“International journal of modern physics a” volume 17, numeri 12 e 13). World Scientific Publishing Company. 20/5/2002.

[27] **S. Gentile, M. Sapinski**, “*Antideuteron in AMS-02*”. AMS note. In preparazione.

RINGRAZIAMENTI:

Per la realizzazione di questa elaborazione di tesi è doveroso ringraziare il prof. B. Borgia ed il dott. M. Sapinski che mi hanno saputo indirizzare e seguire durante la stesura della stessa. Ringrazio anche la mia famiglia che mi ha sempre appoggiato nelle scelte e tutte le persone che mi vogliono bene.