



Studio delle performance del rivelatore RPC con nuove miscele gassose eco-friendly

Giorgia Proto

Università degli Studi di Roma Tor Vergata e INFN

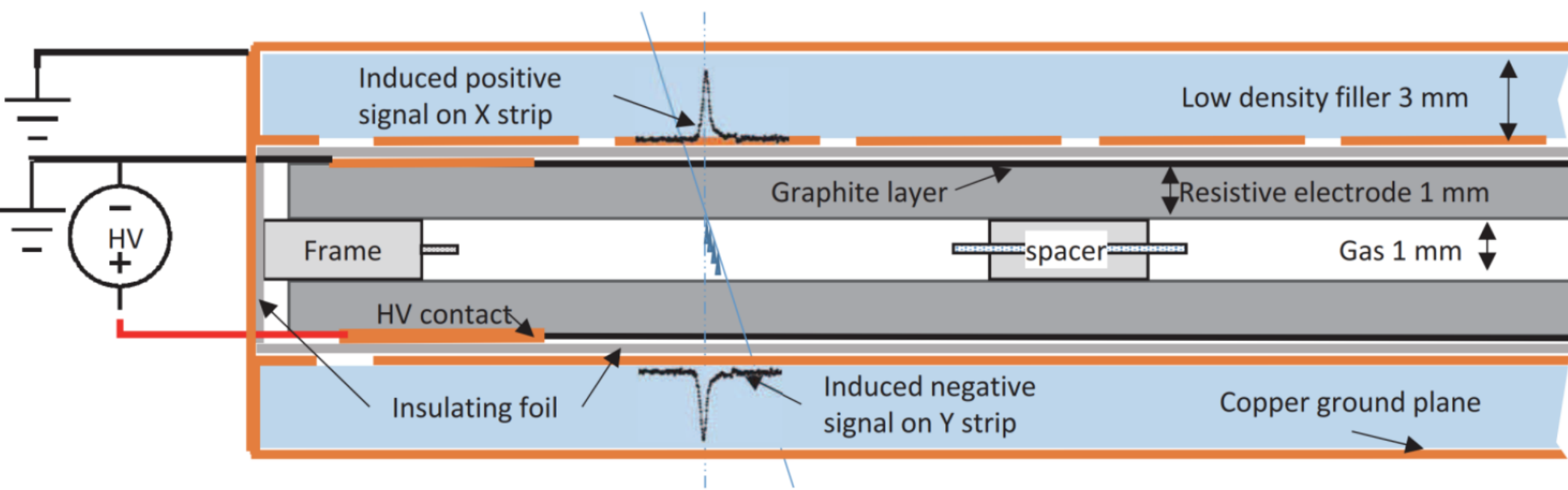
SIF

14-18 settembre 2020

Outline

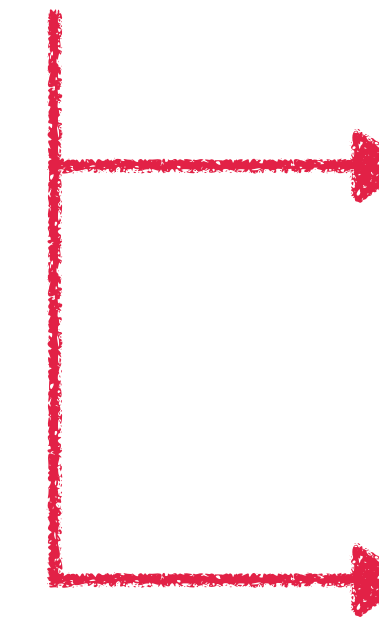
- Descrizione delle Resistive Plate Chambers
- Motivazioni per ricerca di una miscela gassosa alternativa e descrizione delle miscele studiate
- Apparato sperimentale, osservabili studiati e criteri utilizzati
- Risultati sperimentali con diverse miscele gassose
- Conclusioni

Resistive Plate Chambers



○ Gap di gas tenuta a larghezza costante da spaziatori

○ Elettrodi piani paralleli resistivi



Superficie interna: strato olio di lino per evitare gli effetti di punta

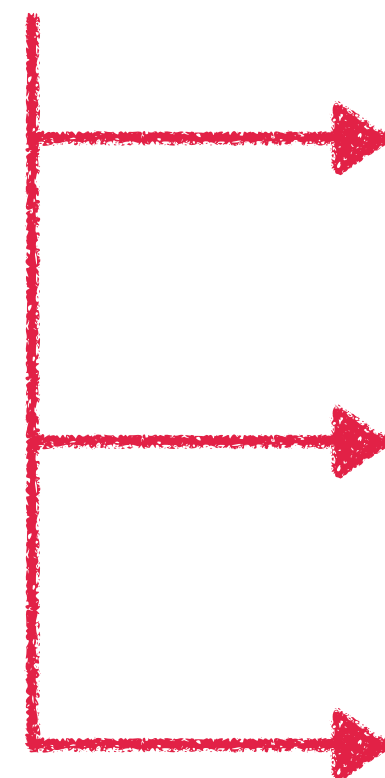
Superficie esterna: strato di grafite per distribuire la tensione in maniera uniforme

○ Strato isolante

○ Strisce di lettura

○ Ionizzazione primaria del gas

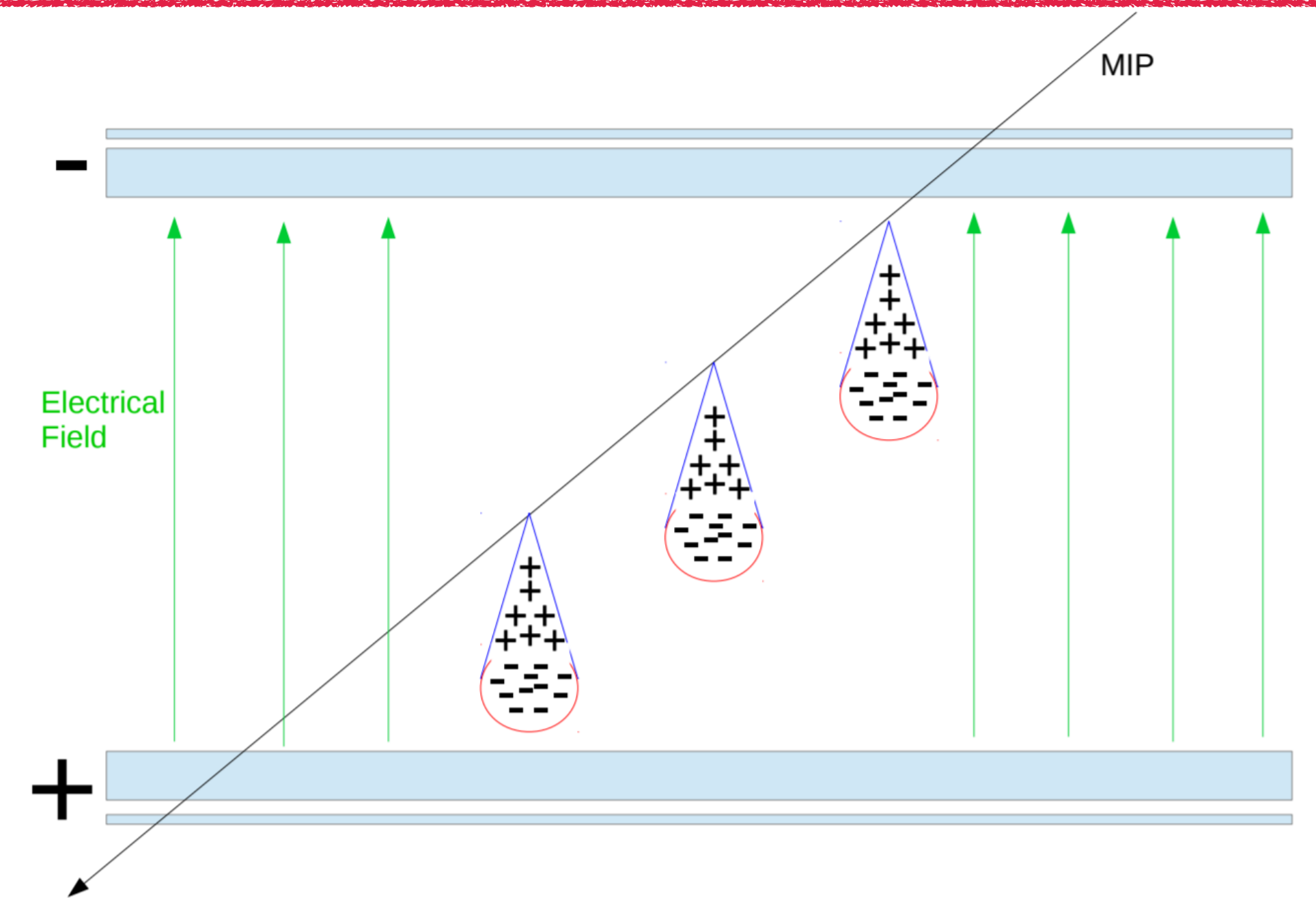
○ Accelerazione degli elettroni e formazione della valanga di carica



Regime di valanga saturata

Processi di ricombinazione elettrone-ione con emissione di fotoni nell'UV e generazione di valanghe secondarie ritardate

Formazione degli streamer

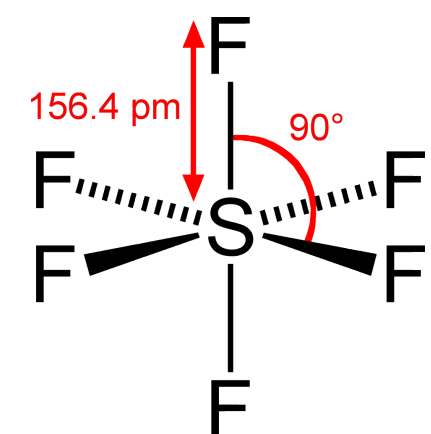
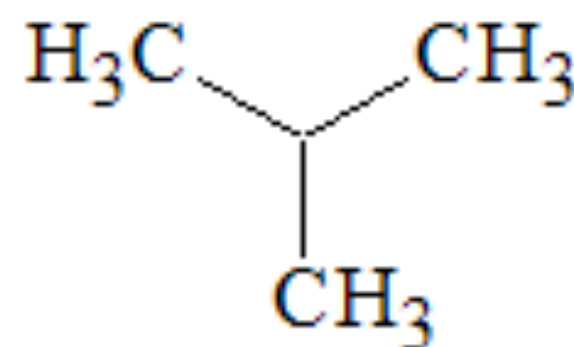
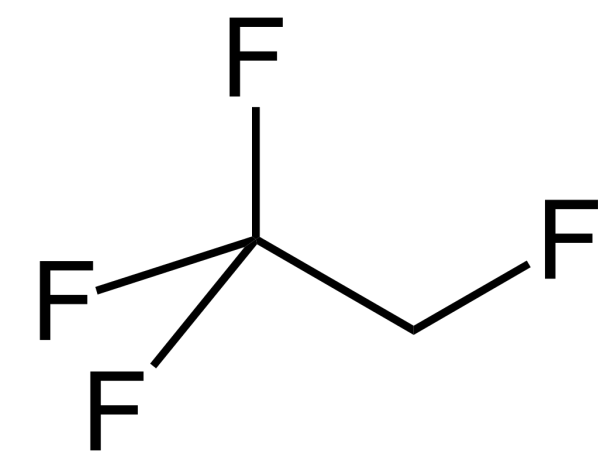


Miscela Standard per le Resistive Plate Chambers

$C_2H_2F_4$ (94.5%)

C_4H_{10} (5%)

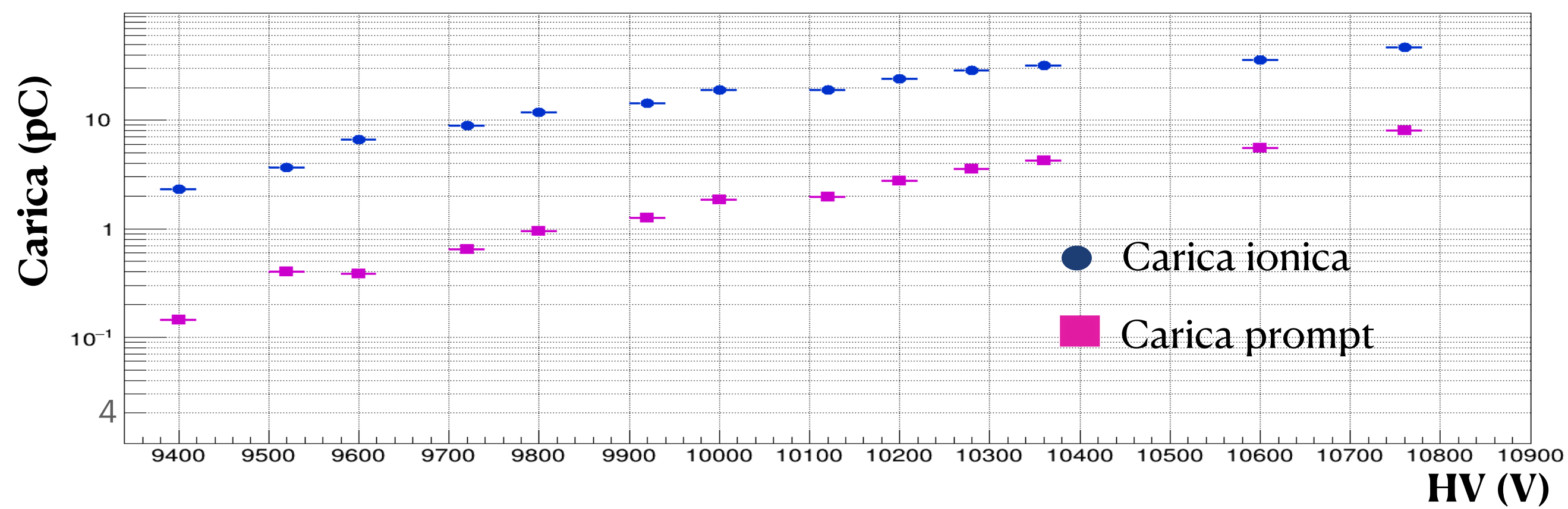
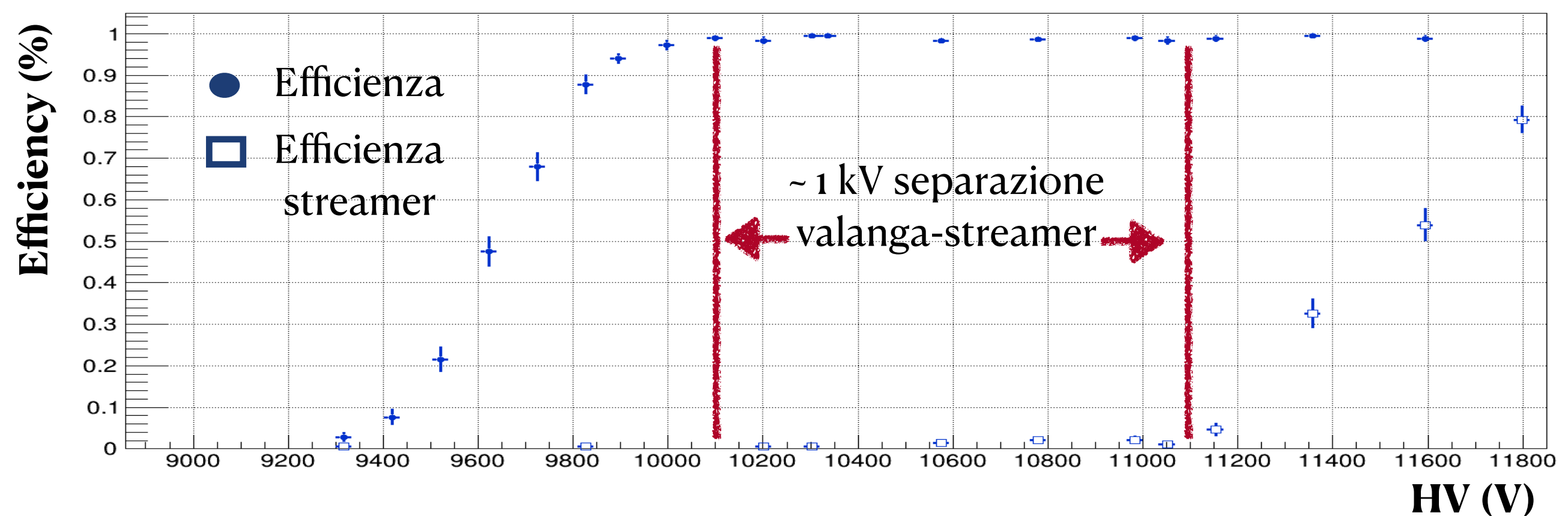
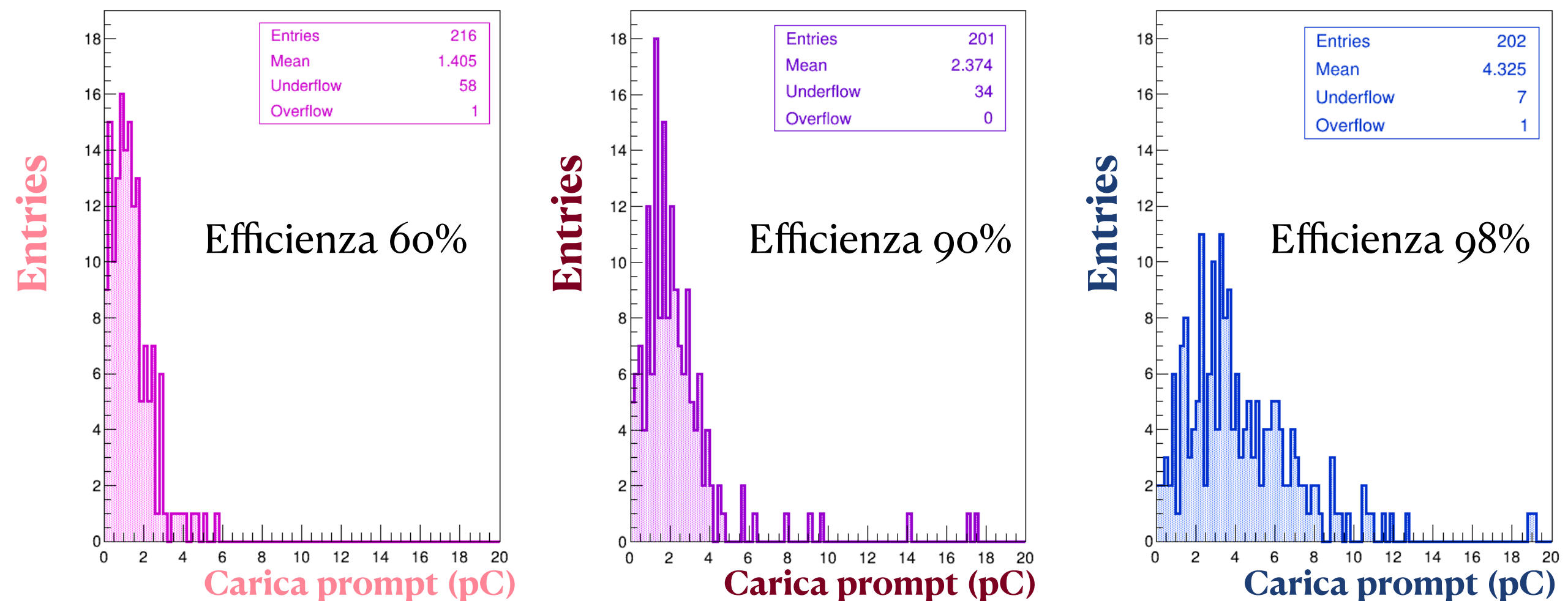
SF_6 (0.5%)



- Regime di funzionamento in valanga saturata
- Ottima separazione tra il regime di funzionamento in pura valanga e la comparsa degli *streamer* (~ 1 kV)
- Possibilità di lavorare a bassa carica, rallentando il processo di invecchiamento del rivelatore

La miscela standard ha un alto **Global Warming Potential** (~ 1430).

Ricerca di una nuova miscela gassosa

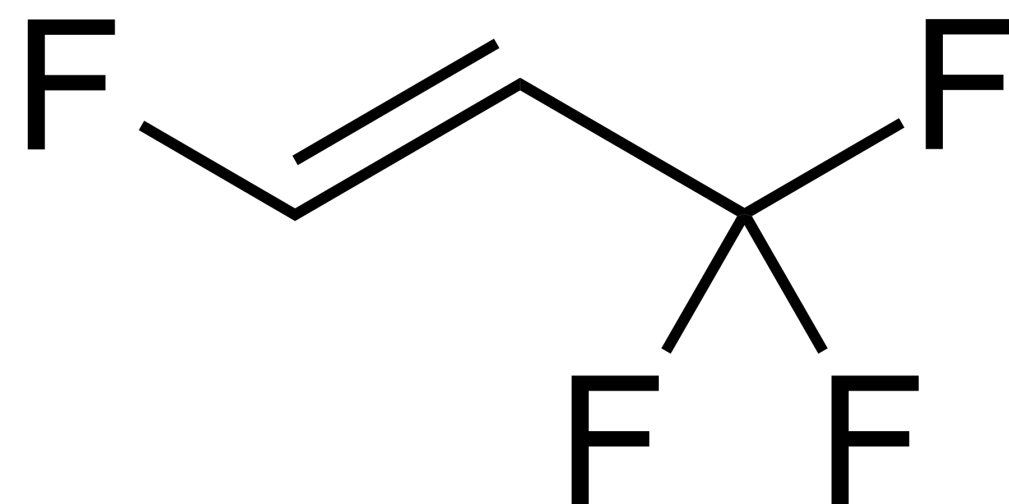


Ricerca di una nuova miscela gassosa

Sostituzione del TFE con una combinazione tra un gas refrigerante e l'anidride carbonica

- GWP ~ 0
- Gas elettronegativo con funzione di *quencher*
- Targhetta per la particella ionizzante

Tetrafluoropropene (HFO1234ze)



- GWP =1
- Molecola semplice utilizzata come riempitivo
- Deboli proprietà di *quenching*

Anidride carbonica



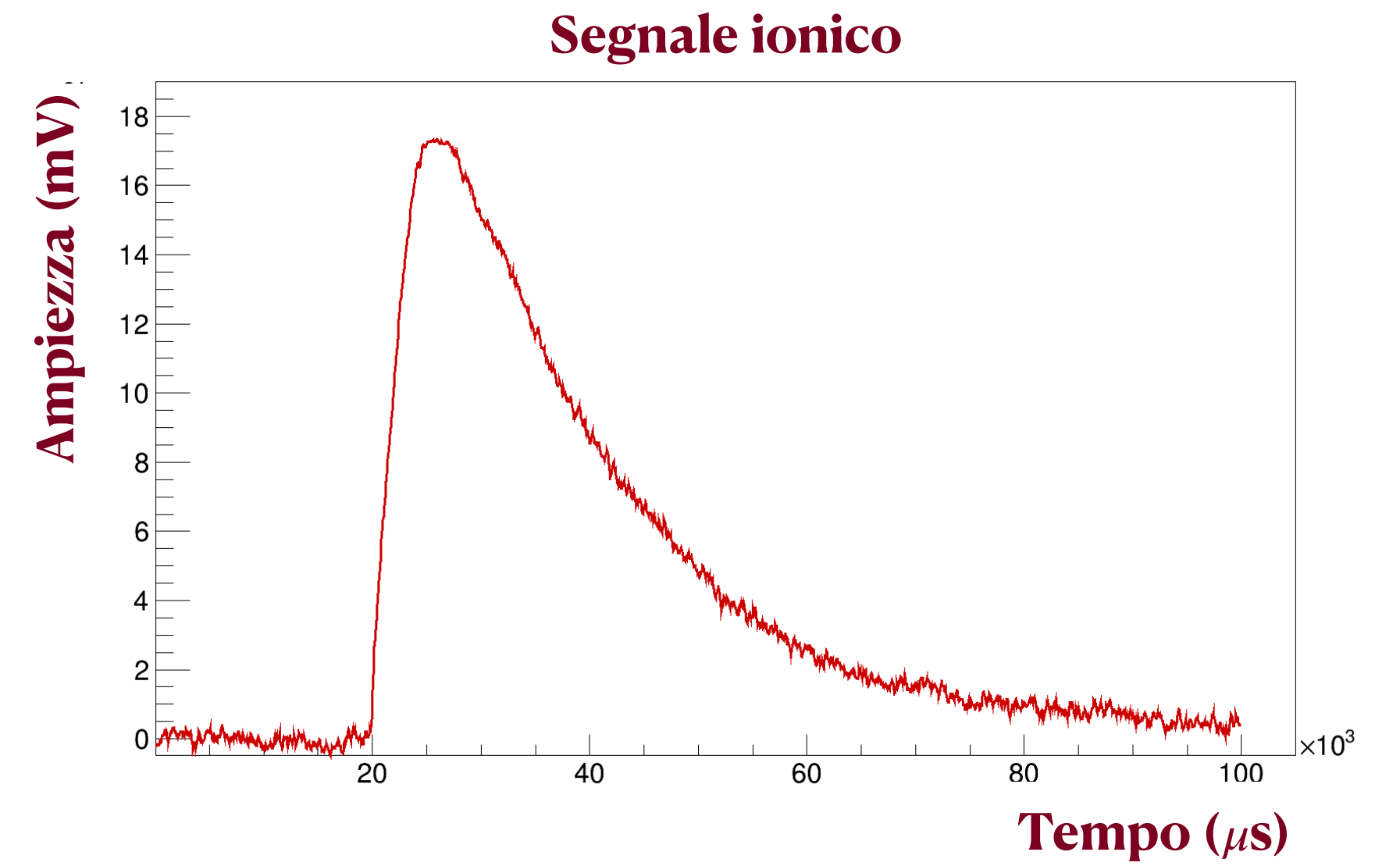
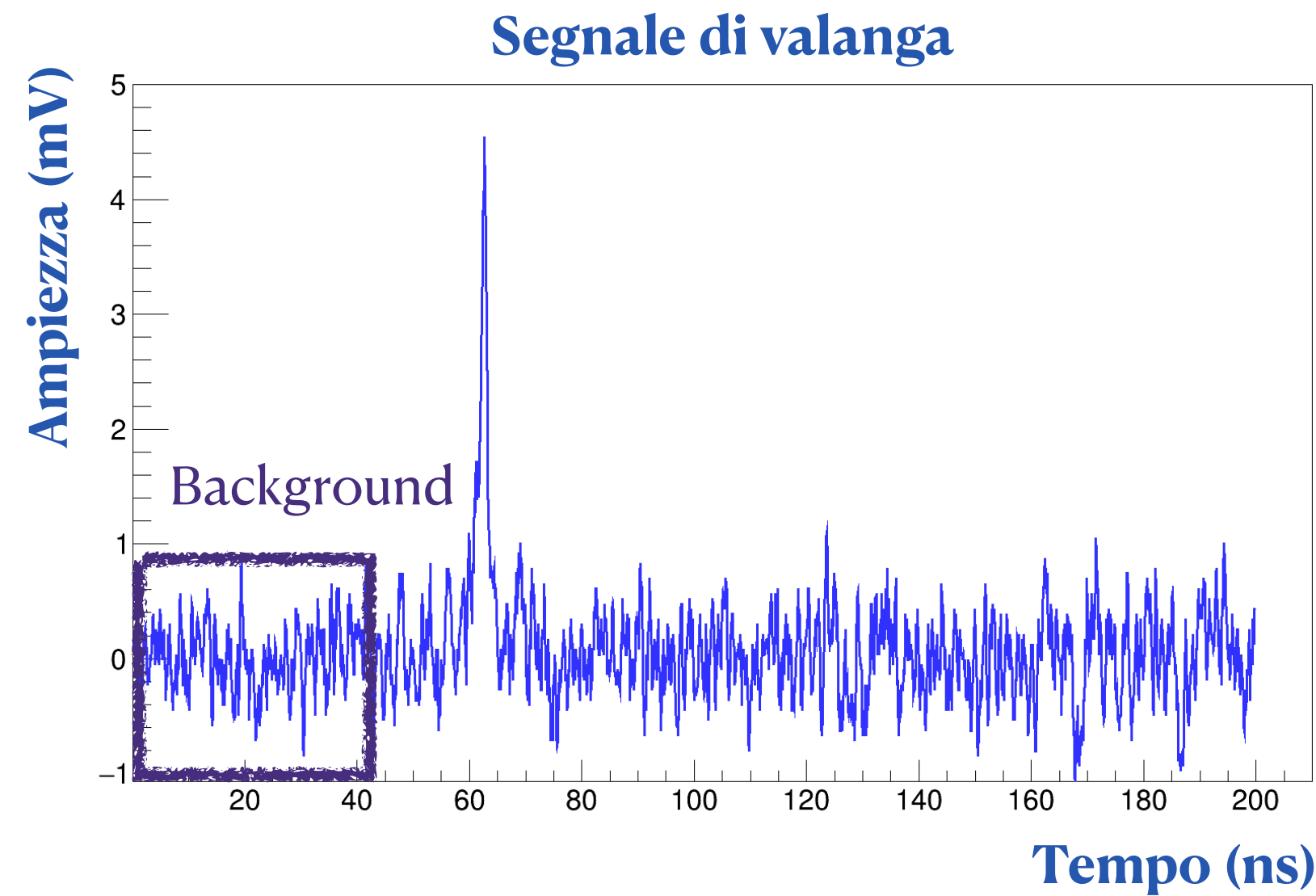
Miscele composte da HFO 1234ze /CO₂/i-Butano/SF₆ (GWP ~ 200)

Studio delle performance del rivelatore in termini di efficienza, carica e separazione tra il regime di valanga e la comparsa degli streamer al variare delle concentrazioni dei gas che compongono la miscela

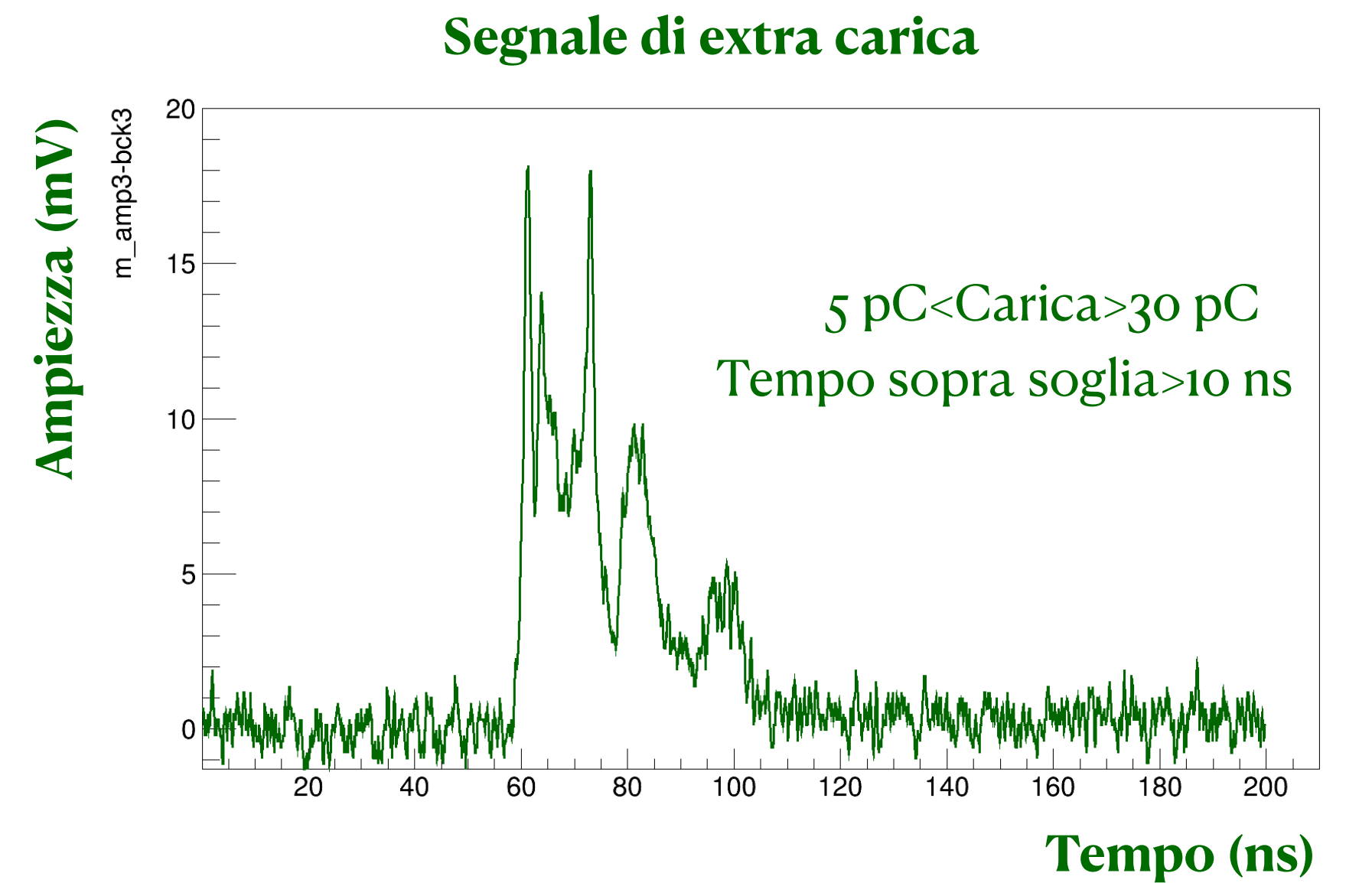
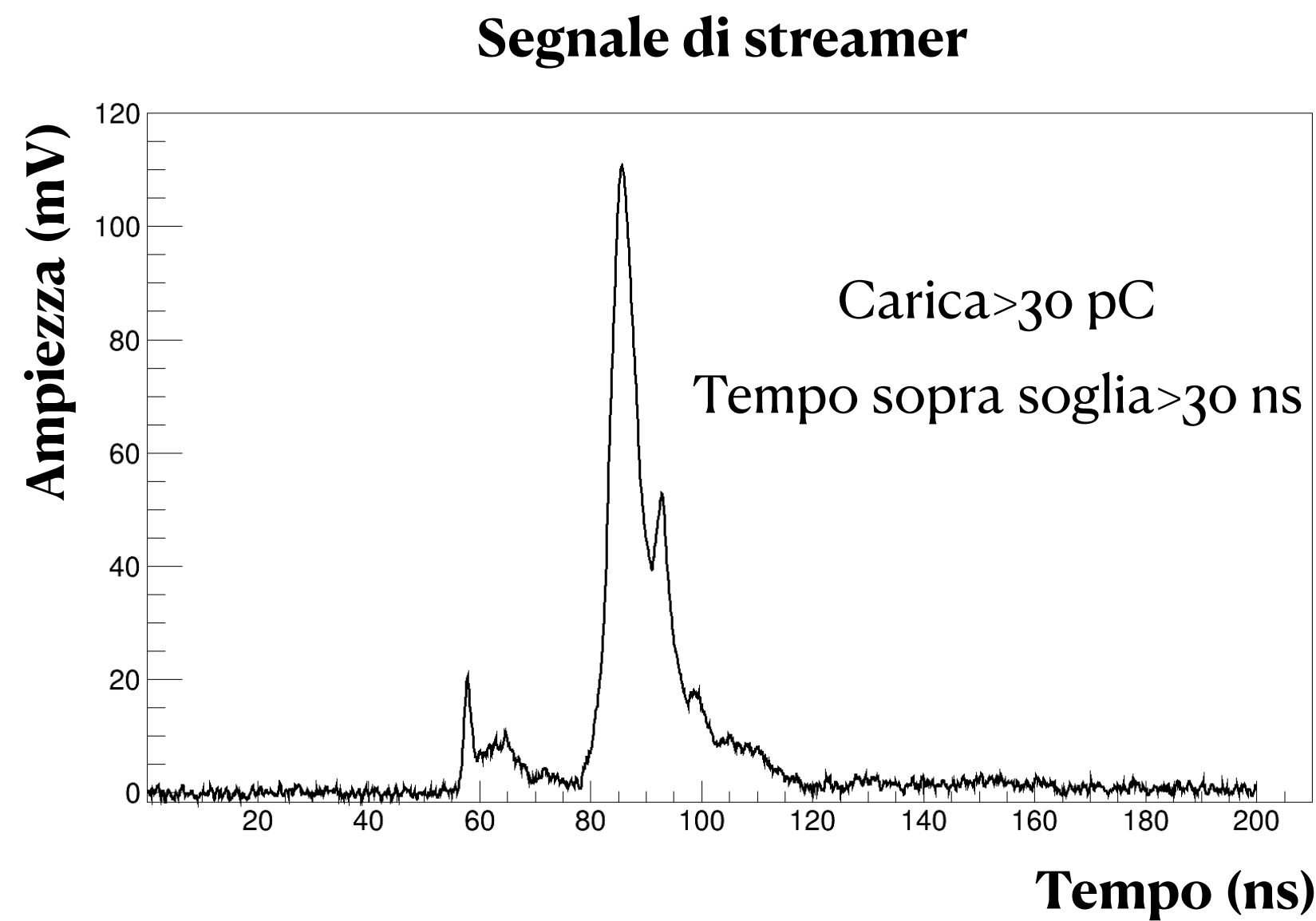
- Studio sul rapporto HFO/CO₂ : nel primo set di misure è stato lasciato fisso il rapporto i-Butano/SF₆ (5/1) ed è stato variato il rapporto HFO/CO₂.
- Studio rapporto CO₂/i-Butano : in questo set di misure è stato lasciato fisso il rapporto HFO/Sf₆ (5/1) ed è stata aumentata la percentuale di i-Butano a sfavore della CO₂.

Osservabili studiati e criteri utilizzati

- **Efficienza** : un segnale viene considerato efficiente se supera una soglia in tensione pari a cinque volte la dispersione del fondo. Il fondo è calcolato nella finestra temporale di 40 ns che anticipa il segnale di **valanga** ed è pari a ~ 1.5 mV

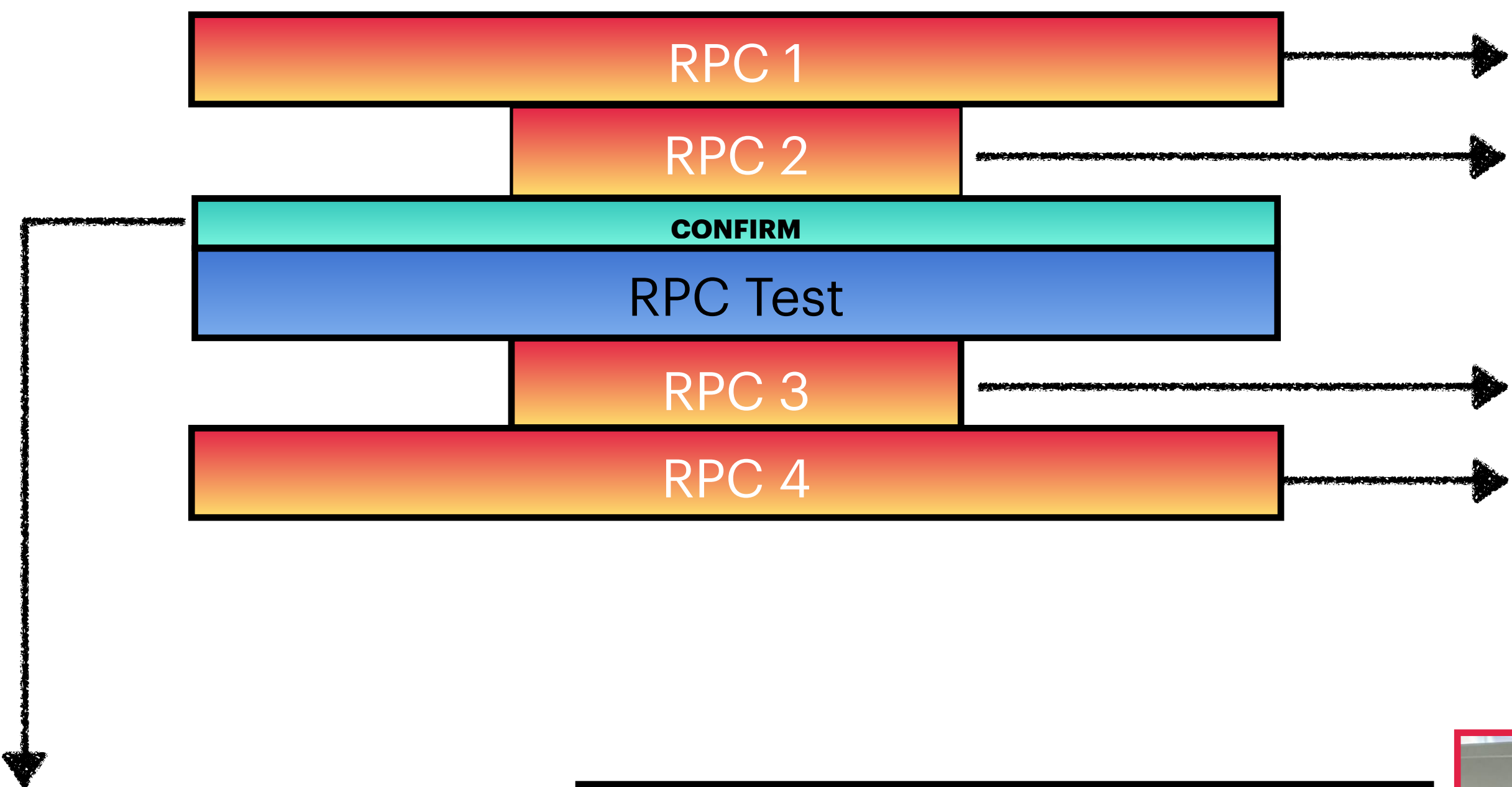


- **Studio della separazione valanga-streamer e valanga-extra carica**



- **Studio del contenuto di carica**: viene definito **streamer** un segnale che ha un contenuto di carica superiore a 30 pC e una durata sopra soglia maggiore di 30 ns. Viene definita **extra carica** un segnale con un contenuto di carica compreso tra 5 e 30 pC e una durata sopra soglia maggiore di 10 ns

Apparato sperimentale: Schema del trigger e DAQ



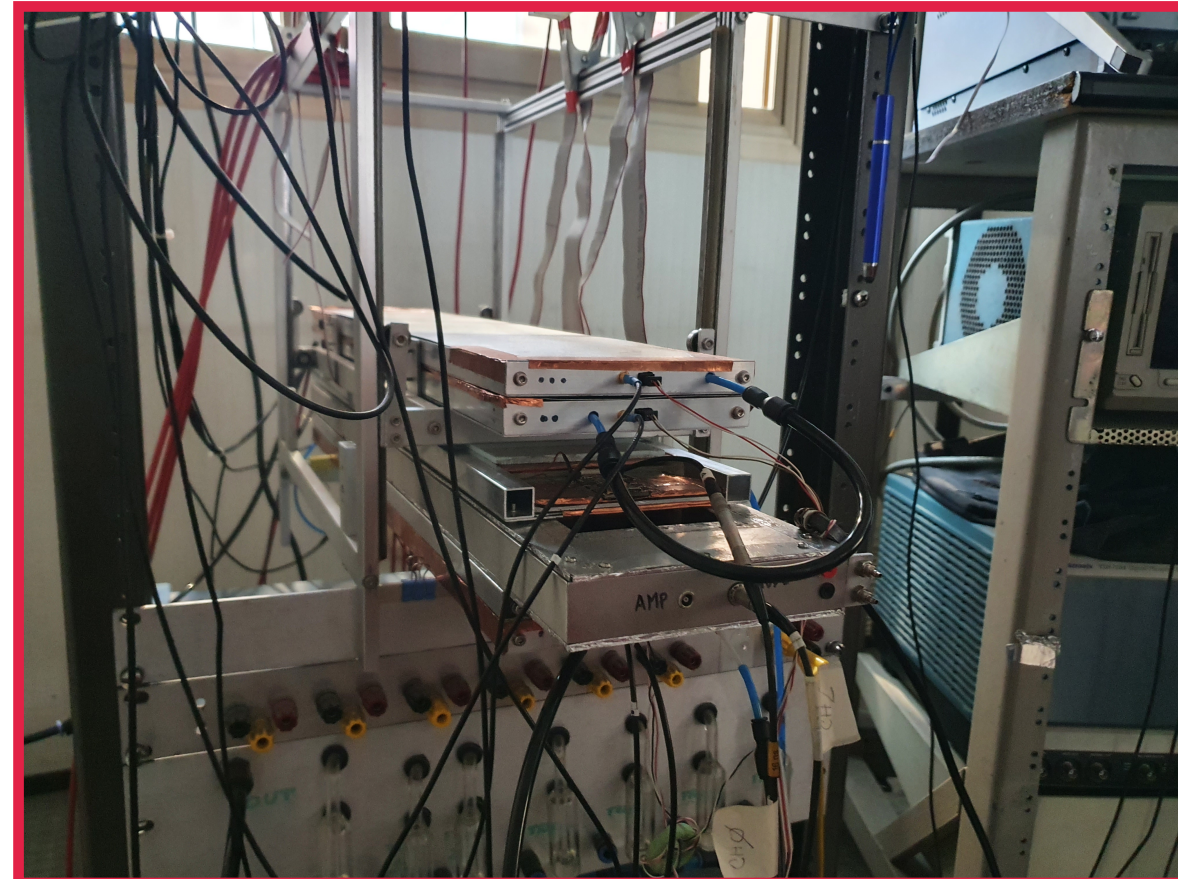
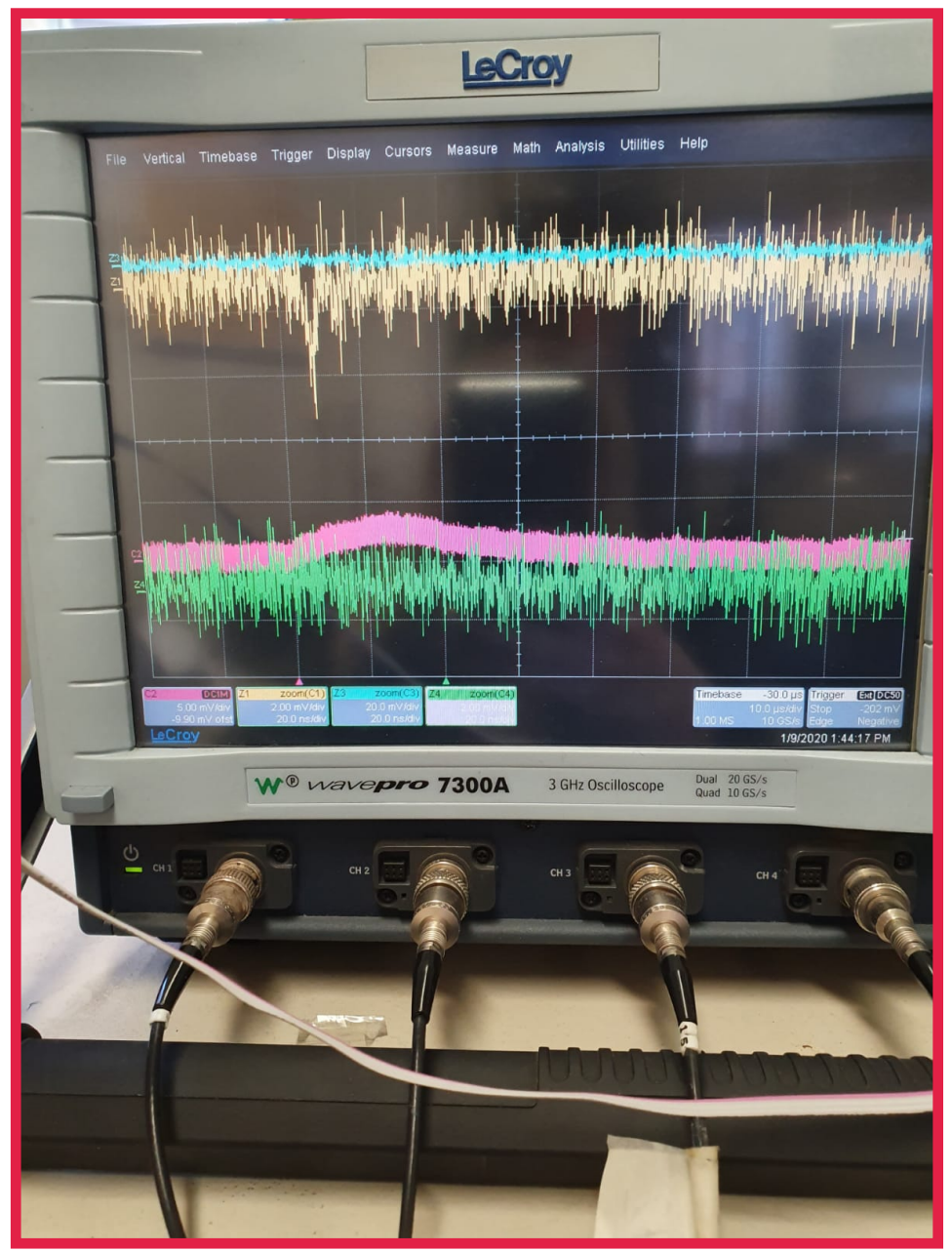
I segnali amplificati vengono discriminati e mandati all'unità logica che ne produce l'**AND**

Camera di conferma

- RPC (0.5 mm gas gap)
- Lettura del segnale *prompt*
- inserita *offline* nel trigger per il calcolo dell'efficienza

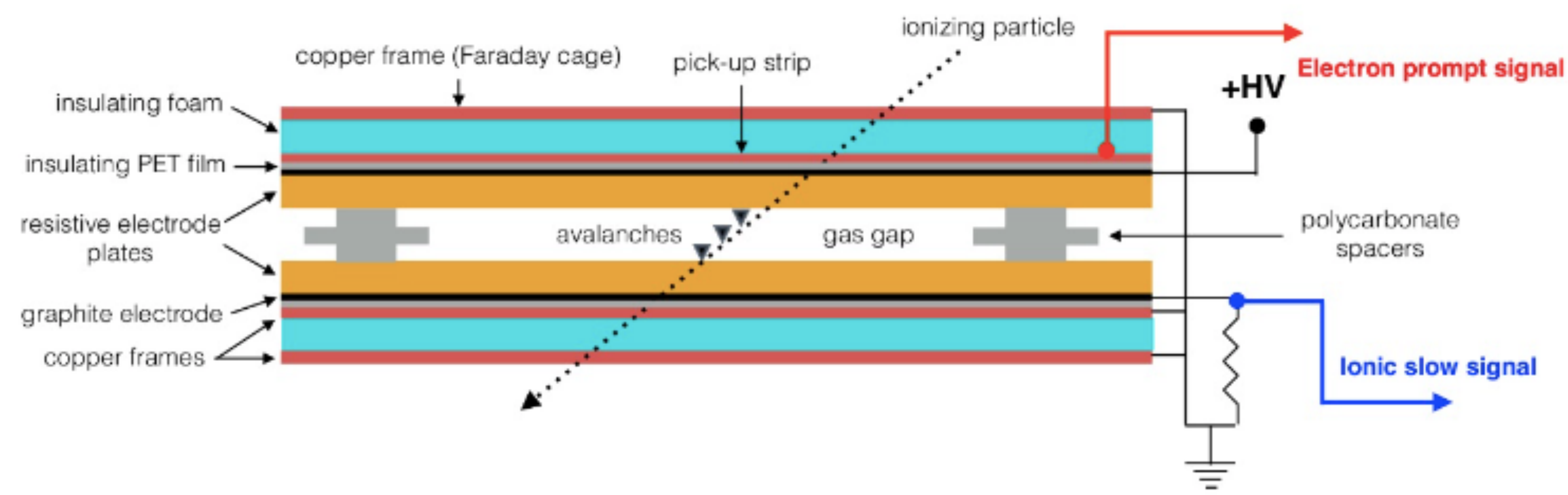
Oscilloscopio

- Bandwidth: 3 GHz
- Velocità di campionamento : 20 Gs/s
- Finestra temporale acquisita segnale prompt = 200 ns
- Finestra temporale acquisita segnale ionico = 100 μ s



Apparato sperimentale: RPC di test

- Dimensioni : 57 X 10 cm²
- Larghezza gas gap = 2 mm
- Spessore elettrodi = 1.8 mm

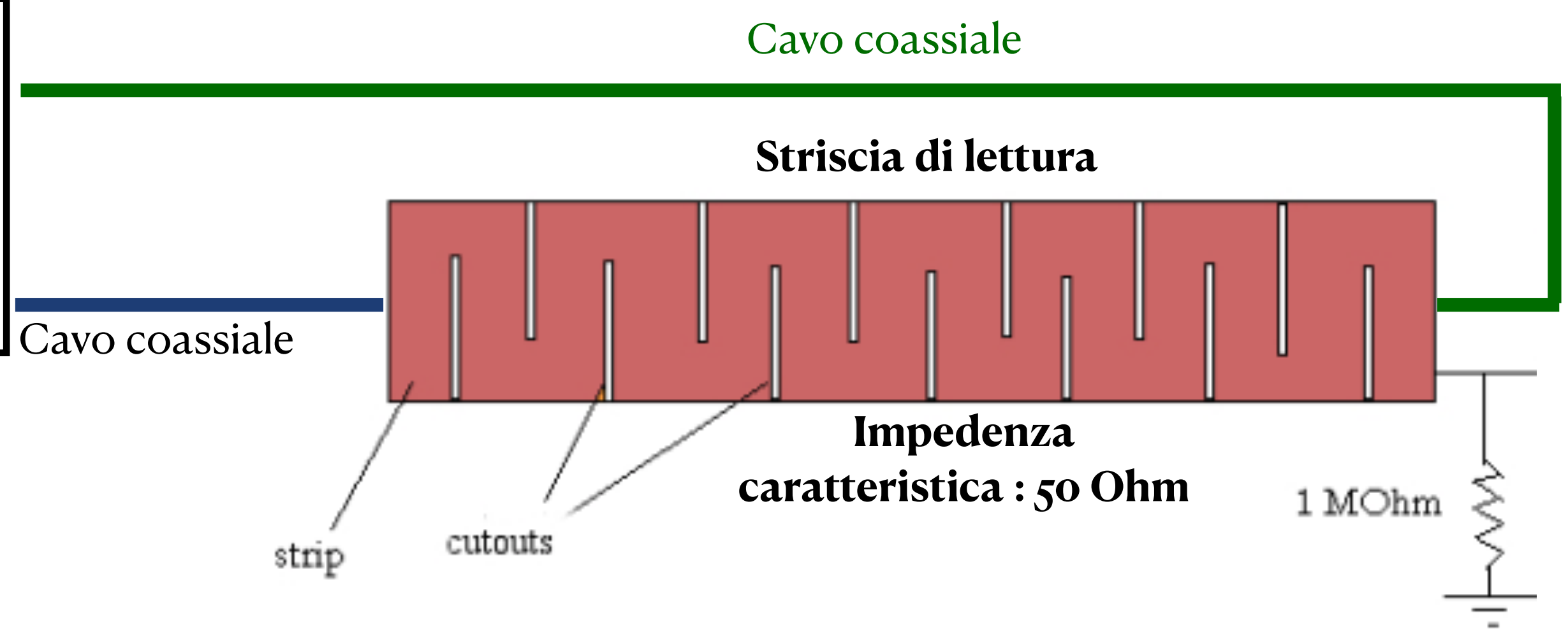
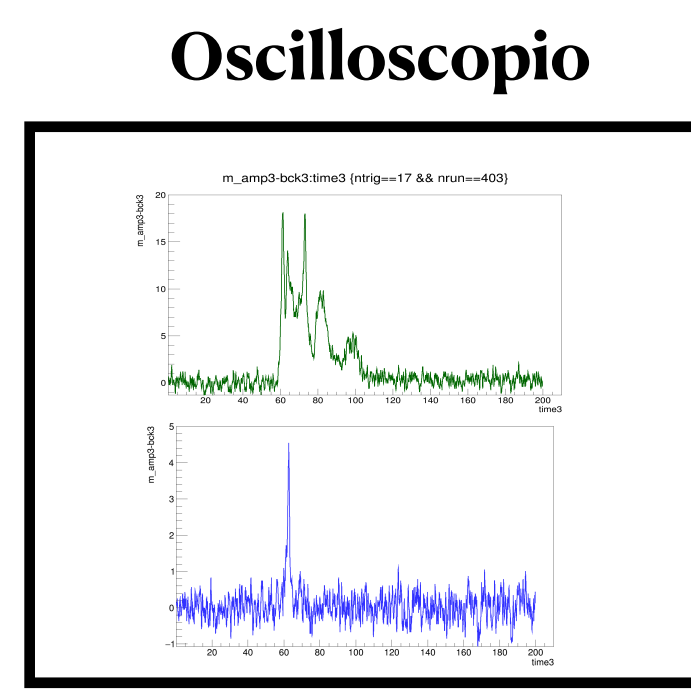


Segnale prompt : segnale indotto sulla striscia di lettura dal *drift* degli elettroni all'interno del gas

Segnale ionico : segnale indotto sull'elettrodo di grafite dal *drift* degli ioni. Viene letto su una resistenza di 10 kOhm posta tra l'elettrodo e il *ground*

- Segnale prompt **non amplificato** per lo studio degli streamer
- Scala dell'oscilloscopio variabile

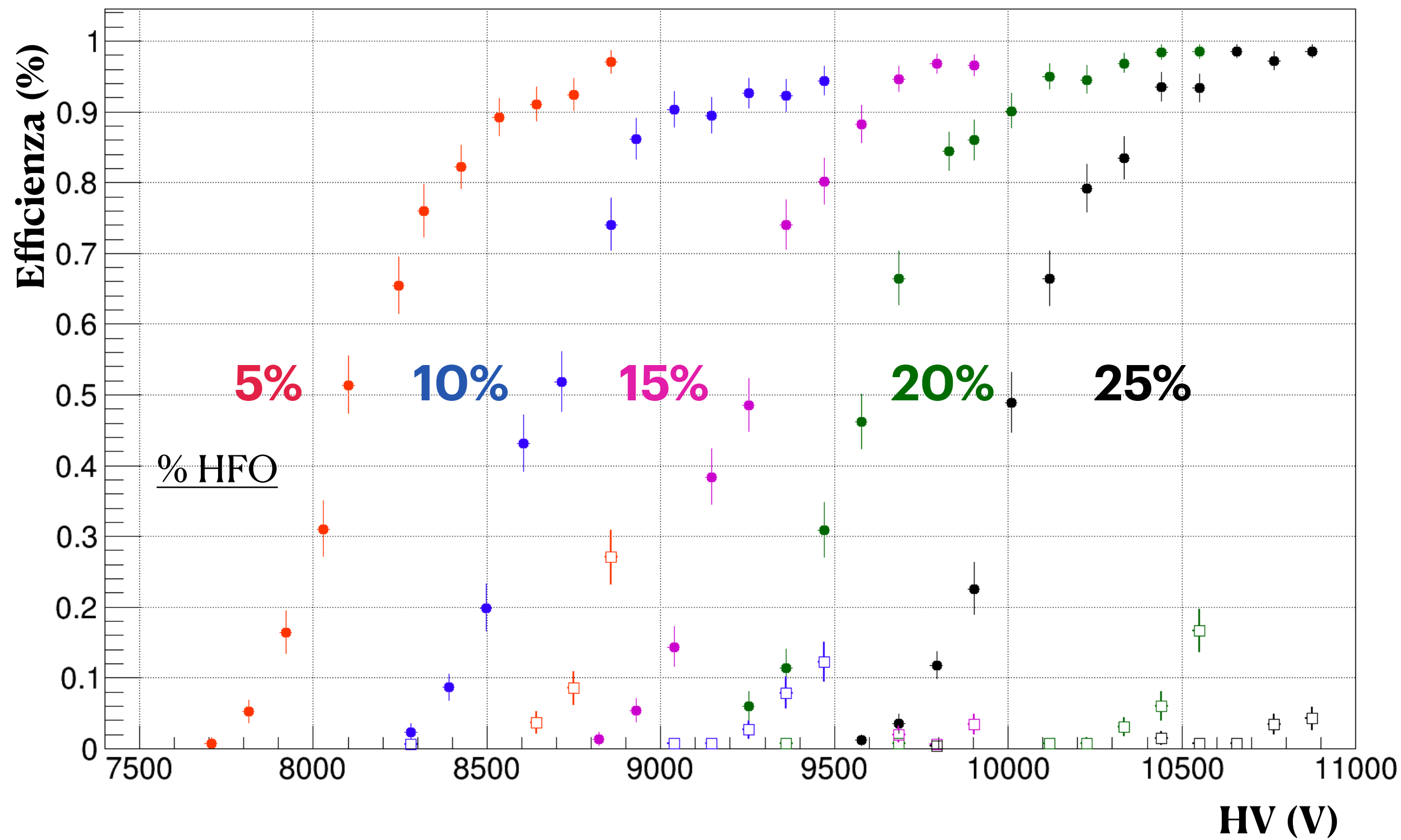
- Segnale prompt **non amplificato** per ottimizzare il calcolo dell'efficienza
- Massima sensibilità dell'oscilloscopio



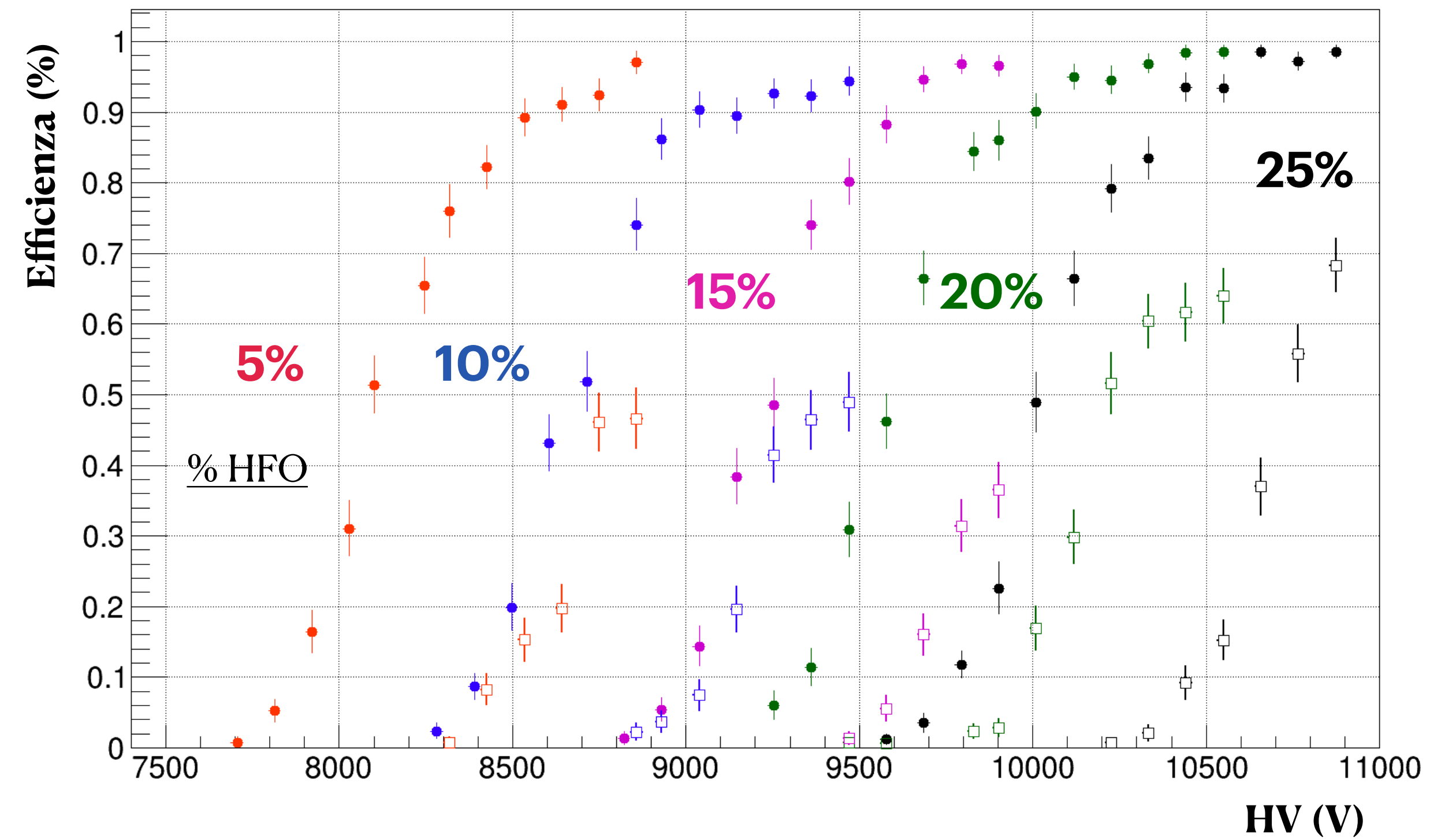
Resistenza (presente anche all'altro lato della striscia) per riferire la strip a massa

Serie i-Butano/SF₆=costante=5/1 - CO₂=89/84/79/74/69 : Studio dell'efficienza

Efficienza e probabilità di streamer



Efficienza e probabilità di extra carica



% HFO1234ze	V _{knee}	Efficienza @plateau	%streamer @ V _{knee} + 200 V	%extra carica@ V _{knee} + 200 V
5%	8.5 kV	93%	8.5%	46%
10%	9 kV	93.5%	3%	41%
15%	9.5 kV	96.5%	0.6%	31%
20%	9.9 kV	98%	0.8%	30%
25%	10.4 kV	98%	0.7%	37%

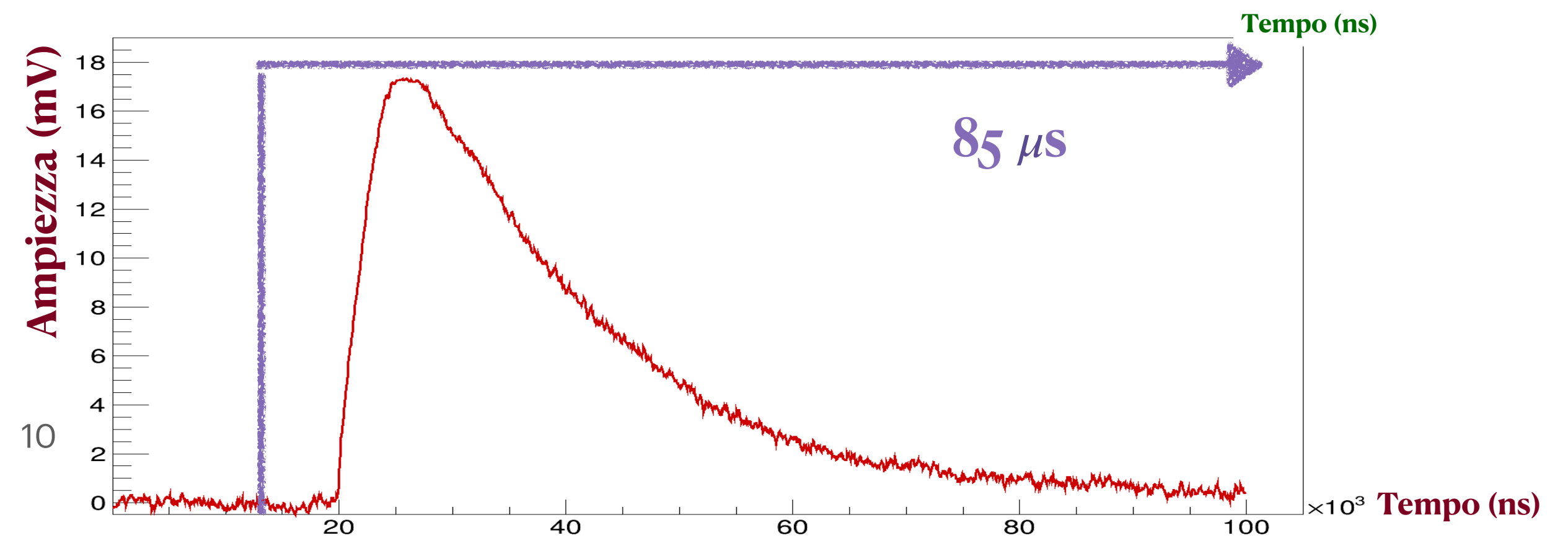
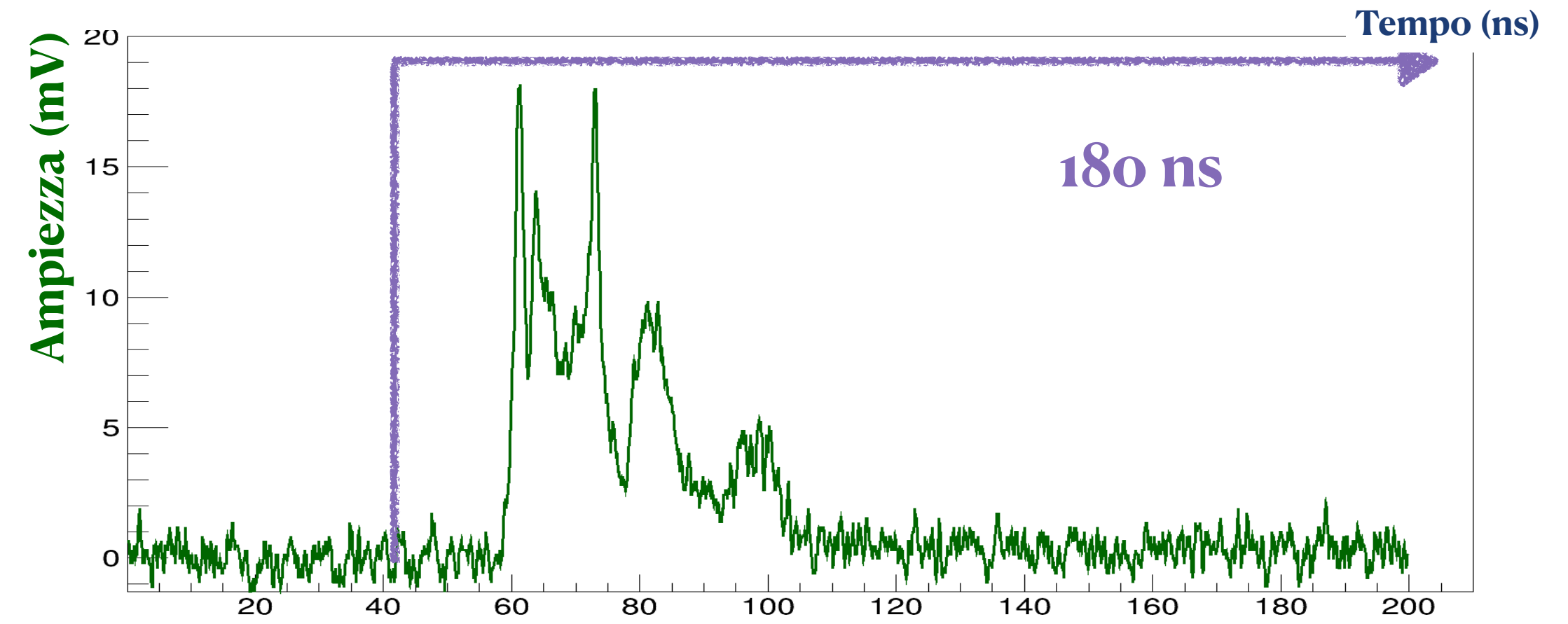
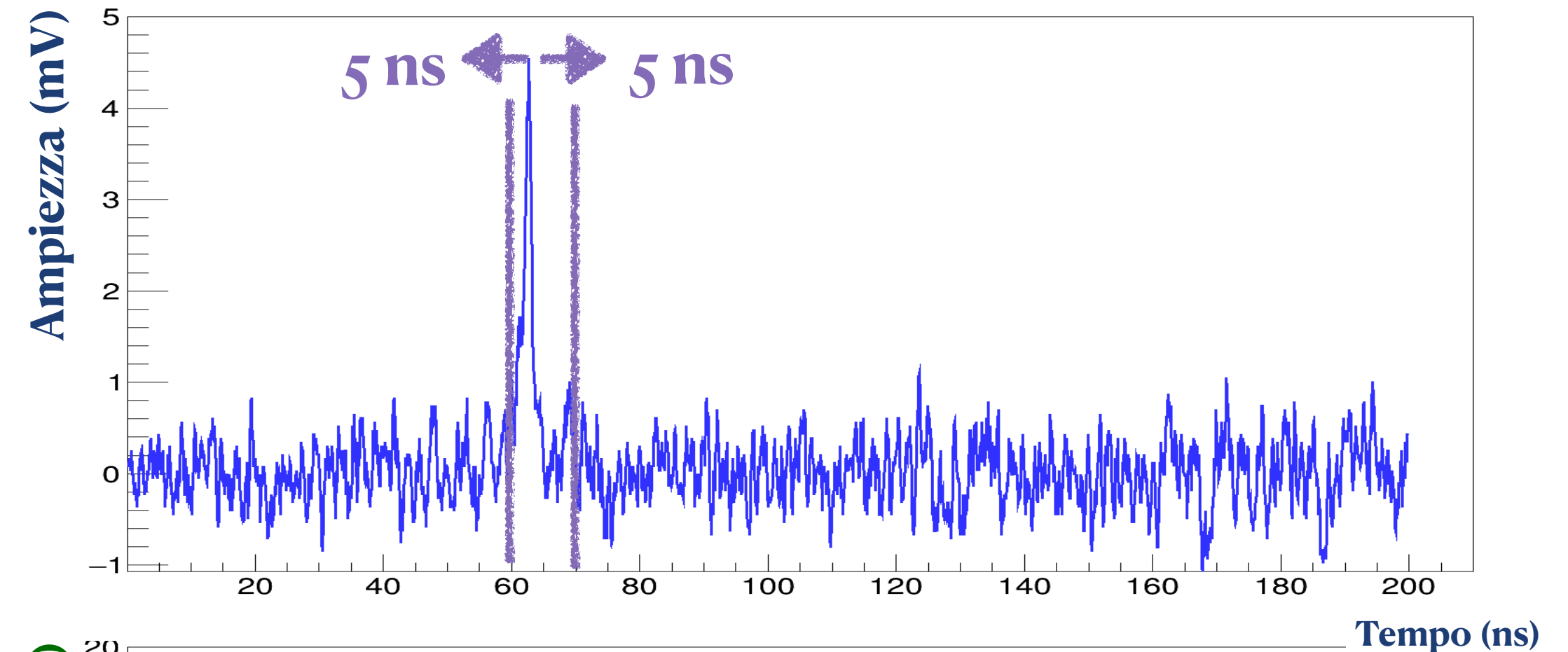
V_{knee}= Tensione @90% di efficienza

Serie i-Butano/SF₆=costante=5/1 - CO₂=89/84/79/74/69 : Studio delle cariche

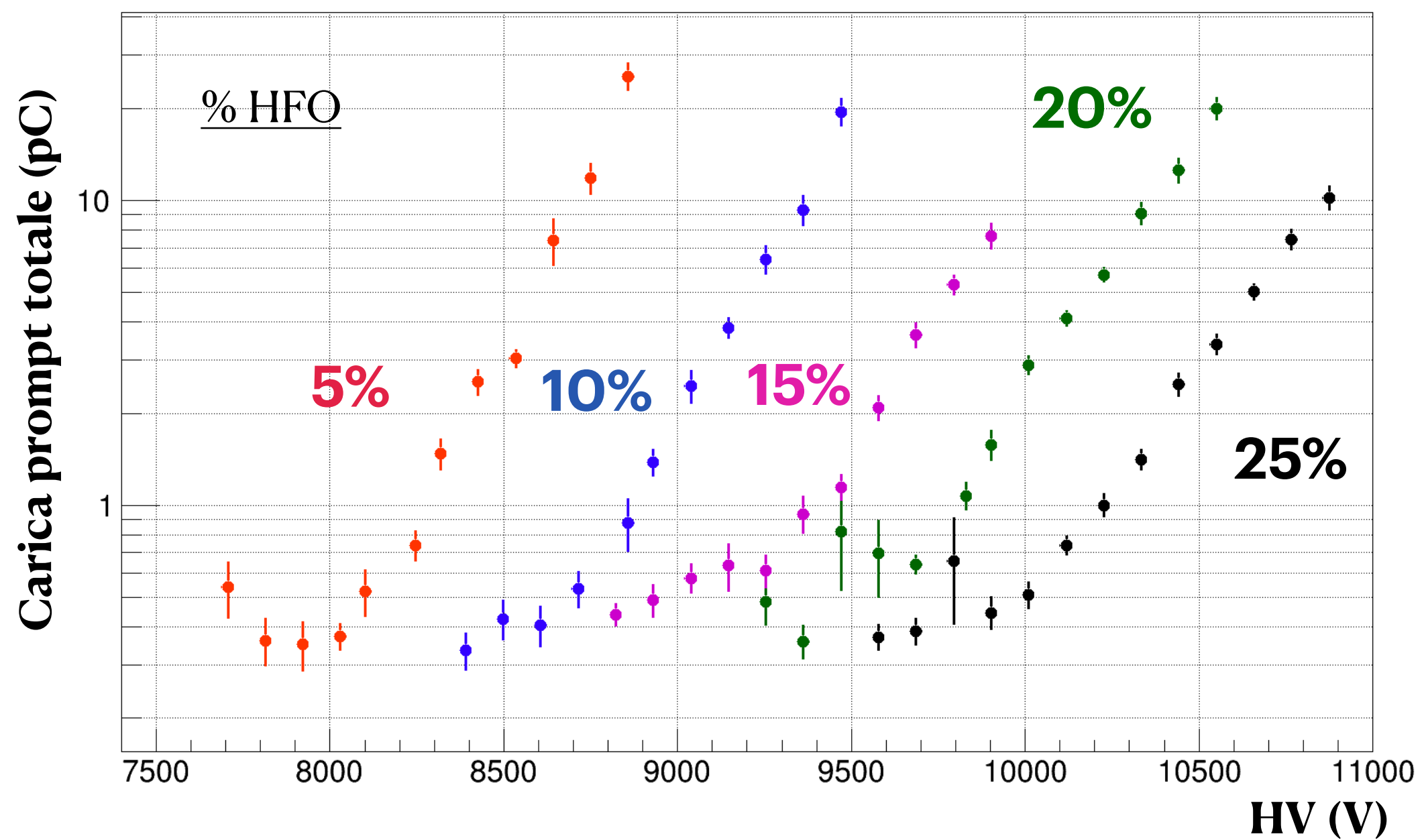
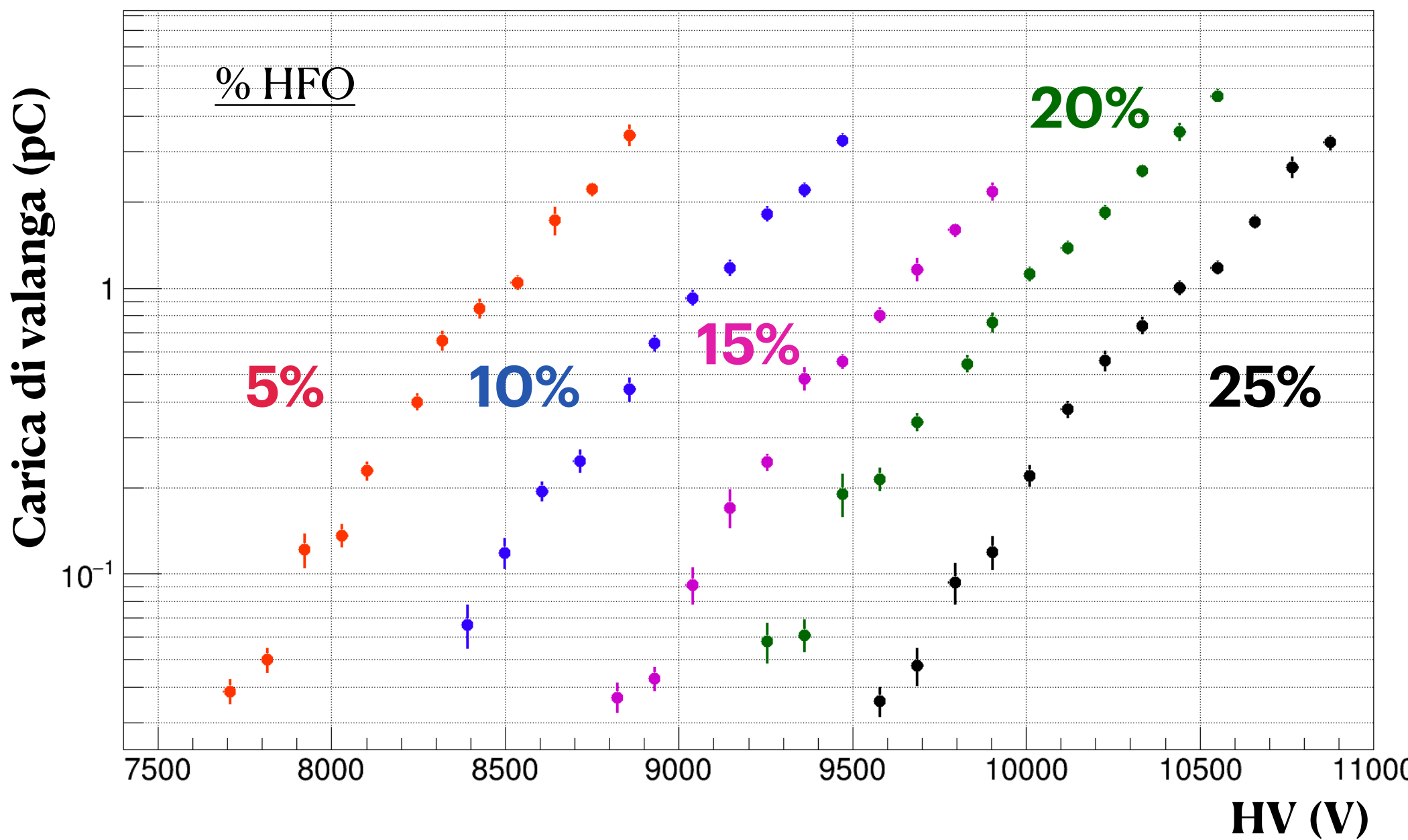
Carica di valanga : carica integrata in 10 ns intorno al primo picco incontrato nella finestra temporale dopo il tempo di background (40 ns)

Carica prompt totale: carica integrata dal tempo di background (40 ns) fino alla fine della finestra temporale (200 ns)

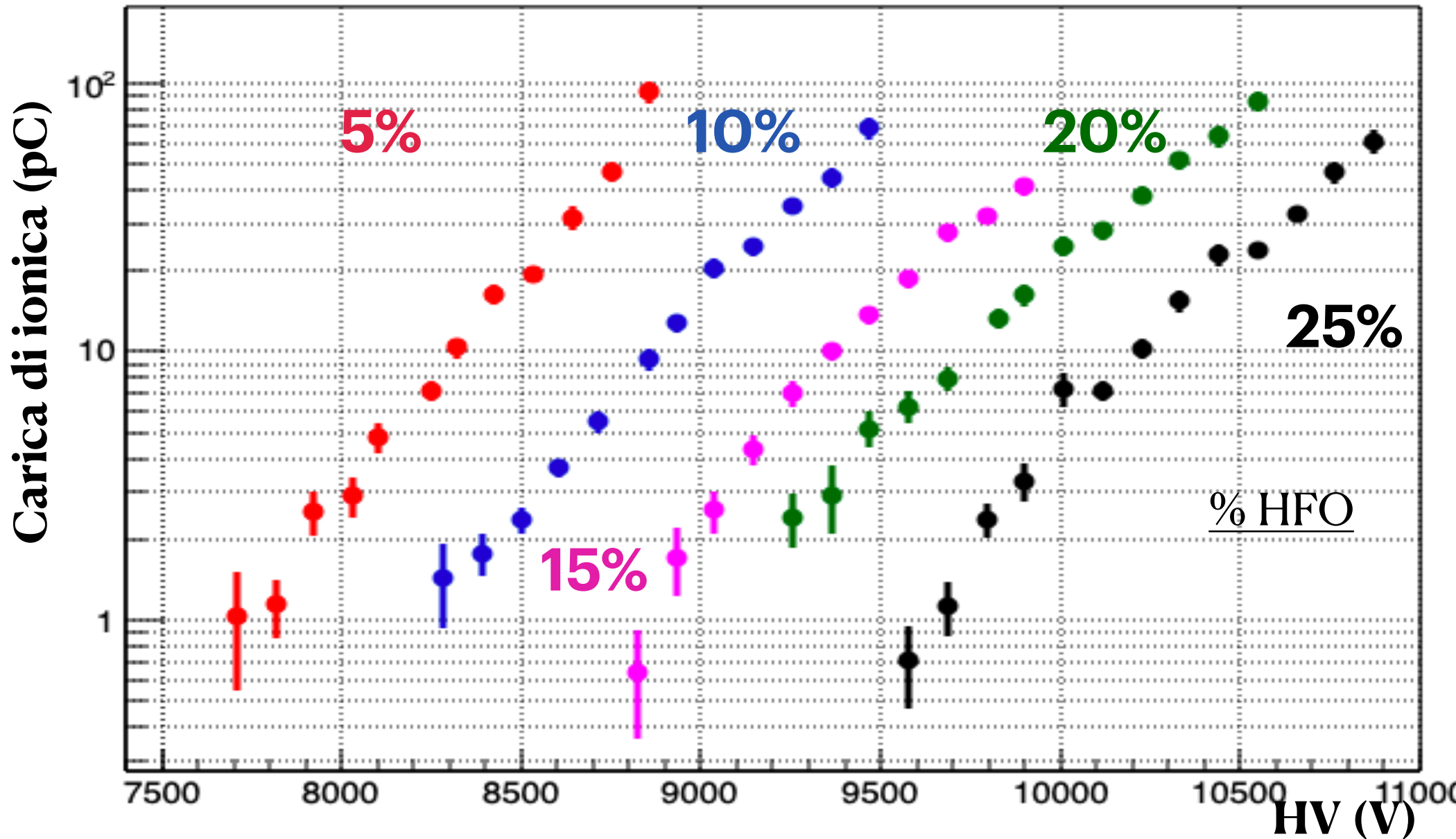
Carica totale (carica ionica): carica integrata dal tempo di background (15 μ s) fino alla fine della finestra temporale (100 μ s)



Serie i-Butano/SF₆=costante=5/1 - CO₂=89/84/79/74/69 : Studio delle cariche

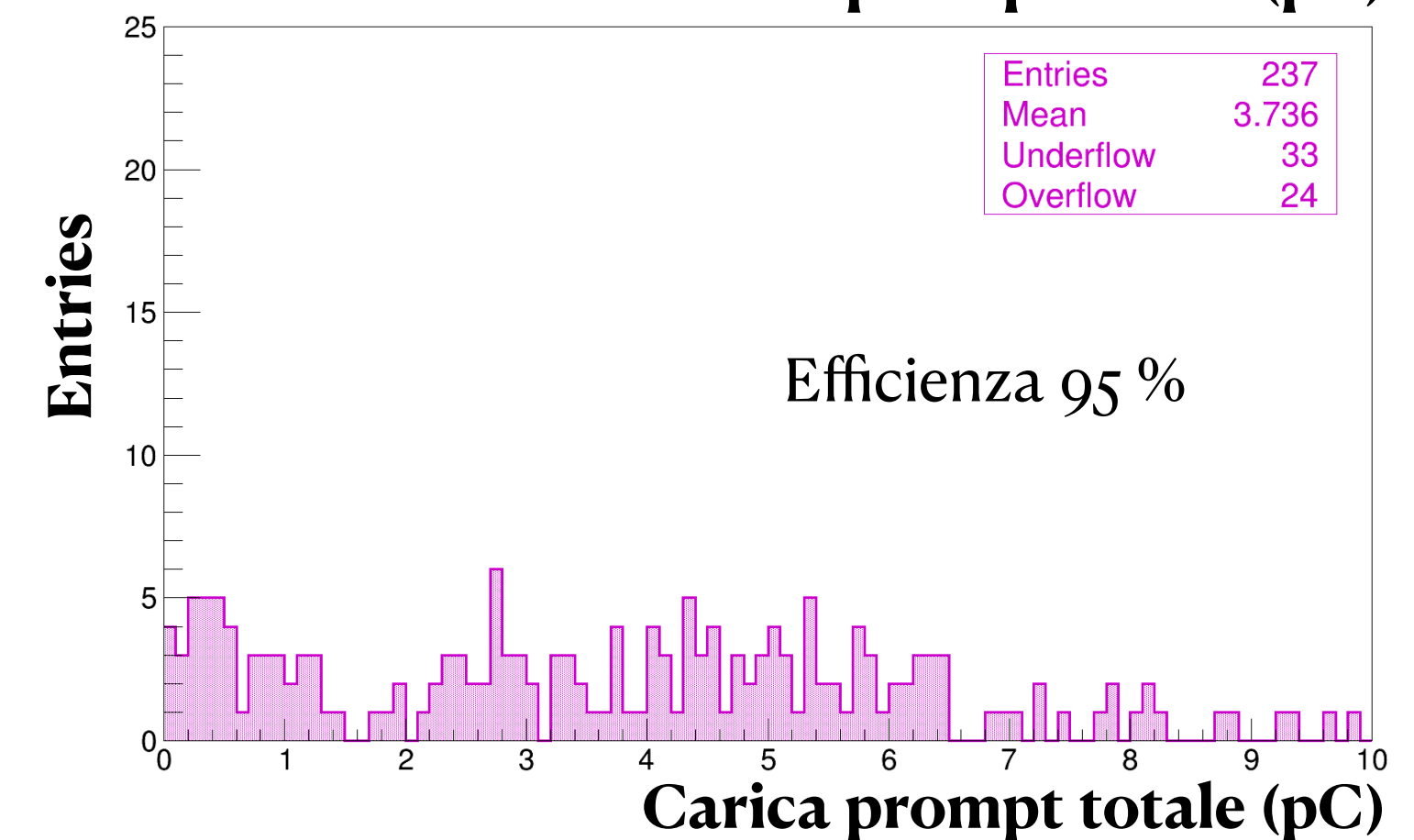
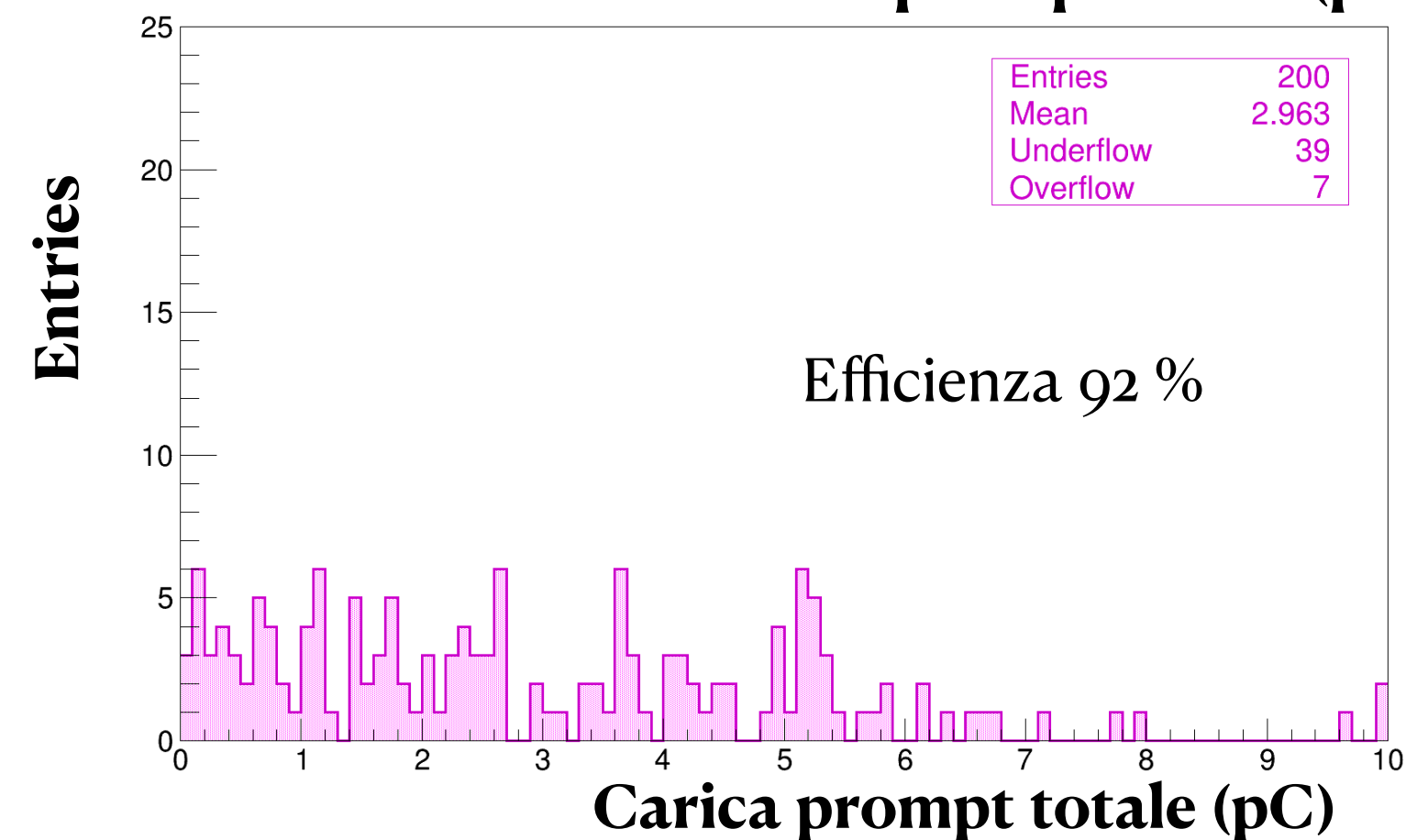
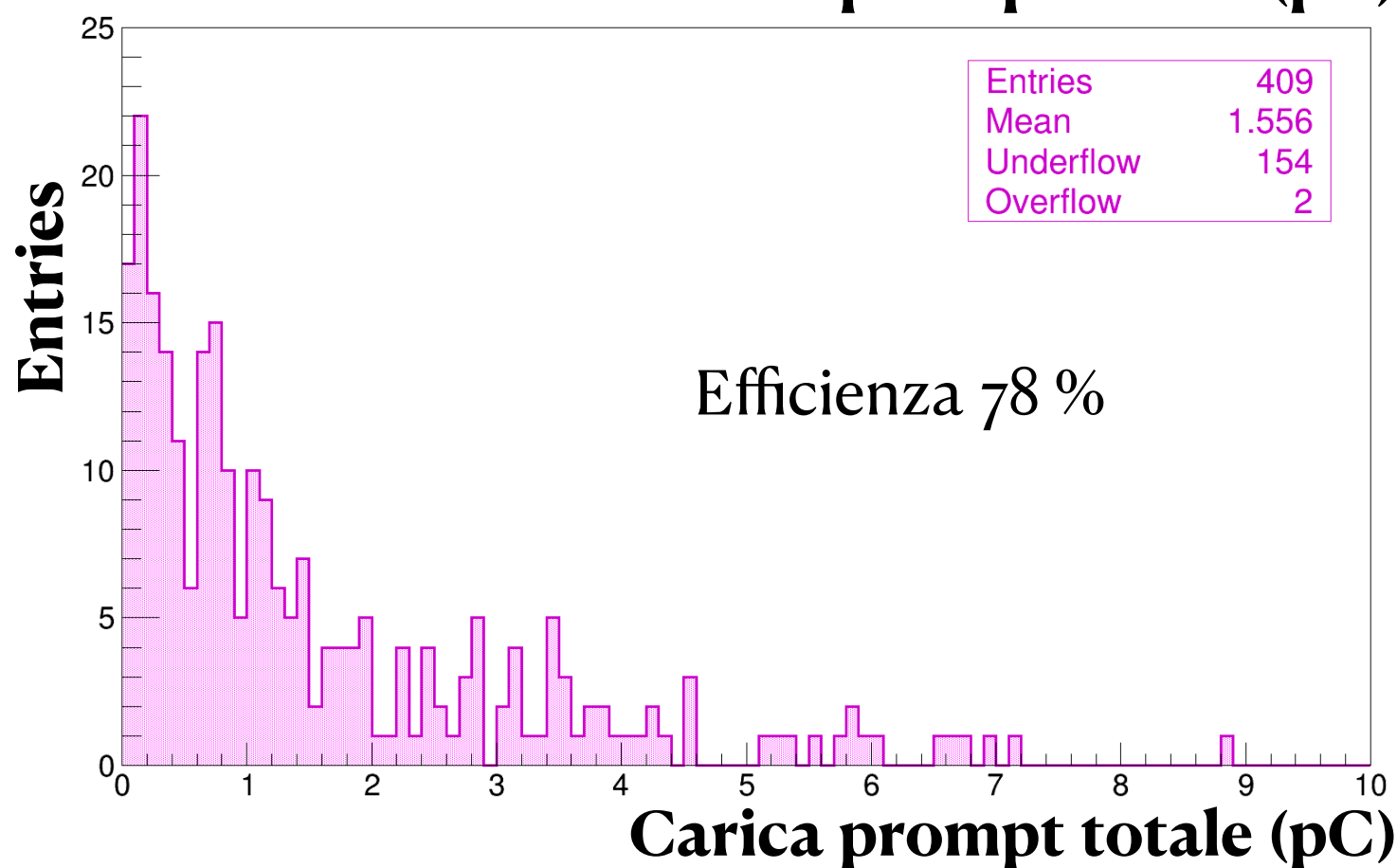
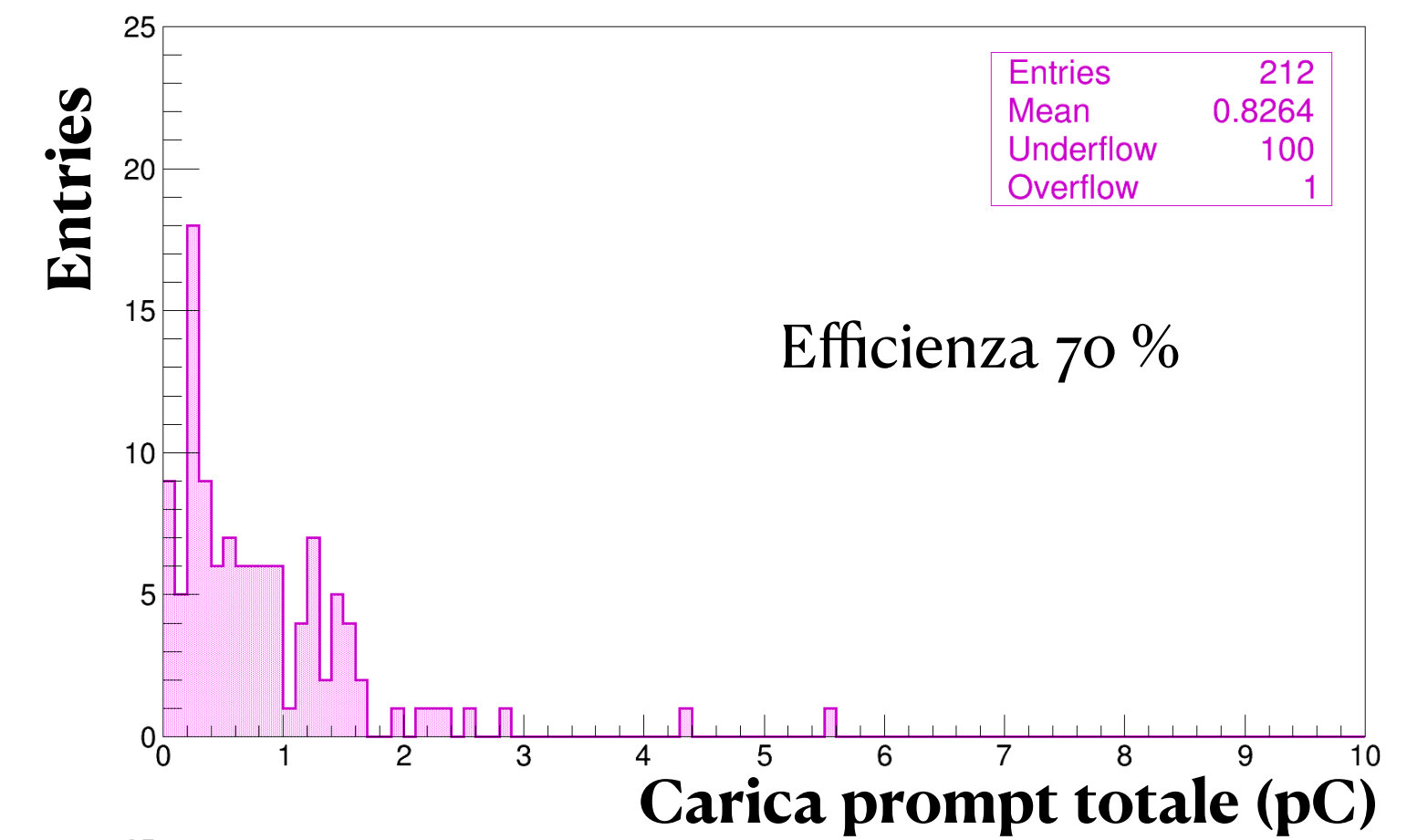
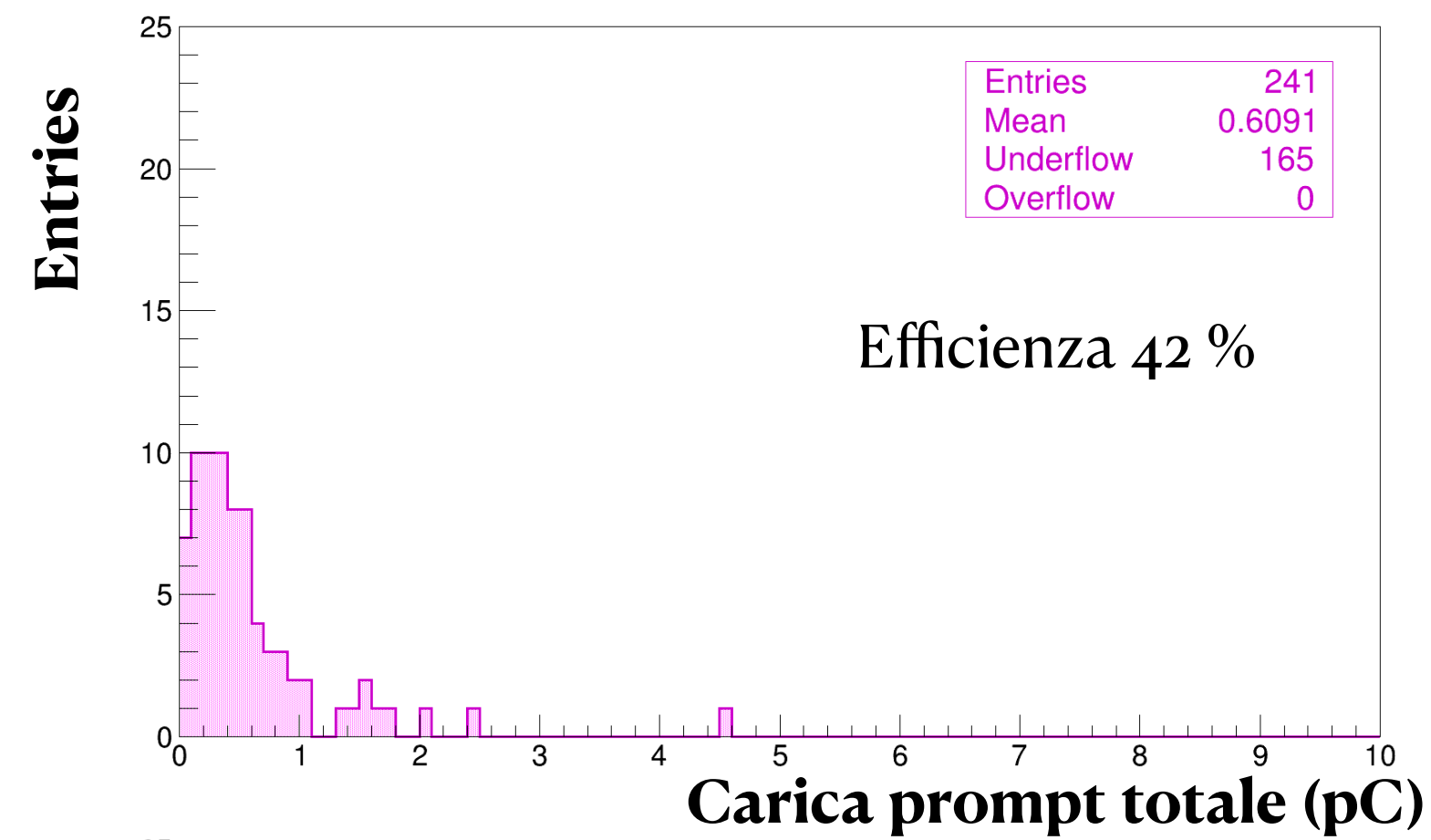
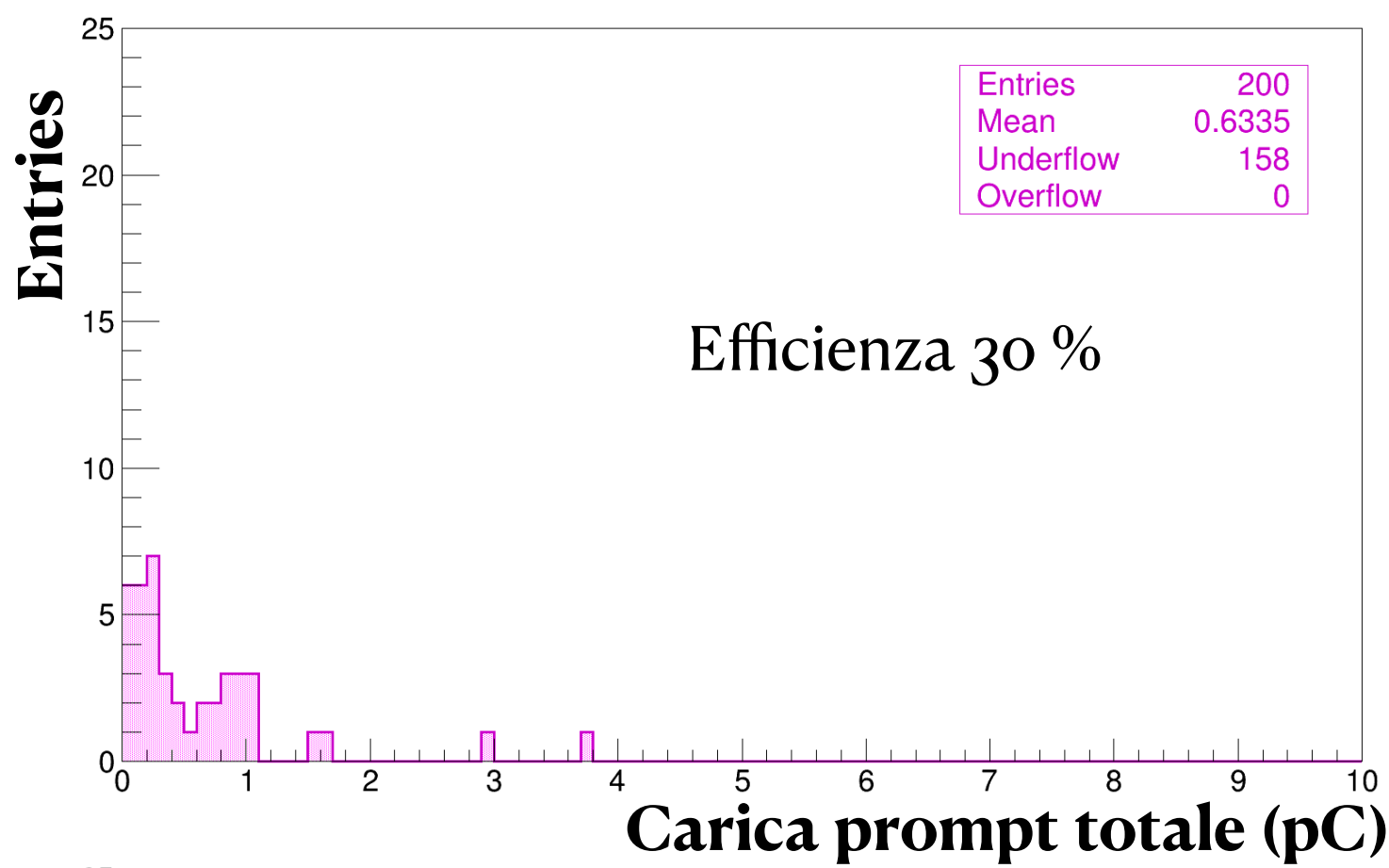


V_{knee}= Tensione @90% di efficienza



% HFO	V _{knee}	Carica valanga@ V _{knee} + 200 V	Carica prompt totale @ V _{knee} + 200 V	Carica ionica @ V _{knee} + 200 V
5%	8.5 kV	2.1 pC	11.5 pC	50 pC
10%	9 kV	1.9 pC	7 pC	38 pC
15%	9.5 kV	1.6 pC	4.3 pC	32 pC
20%	9.9 kV	1.5 pC	4 pC	31 pC
25%	10.4 kV	1.7 pC	5 pC	34 pC

HFO1234ze/i-Butano/CO₂/SF₆=15/79/5/1: Distribuzione di carica prompt



La distribuzione di carica si allarga all'aumentare dell'efficienza

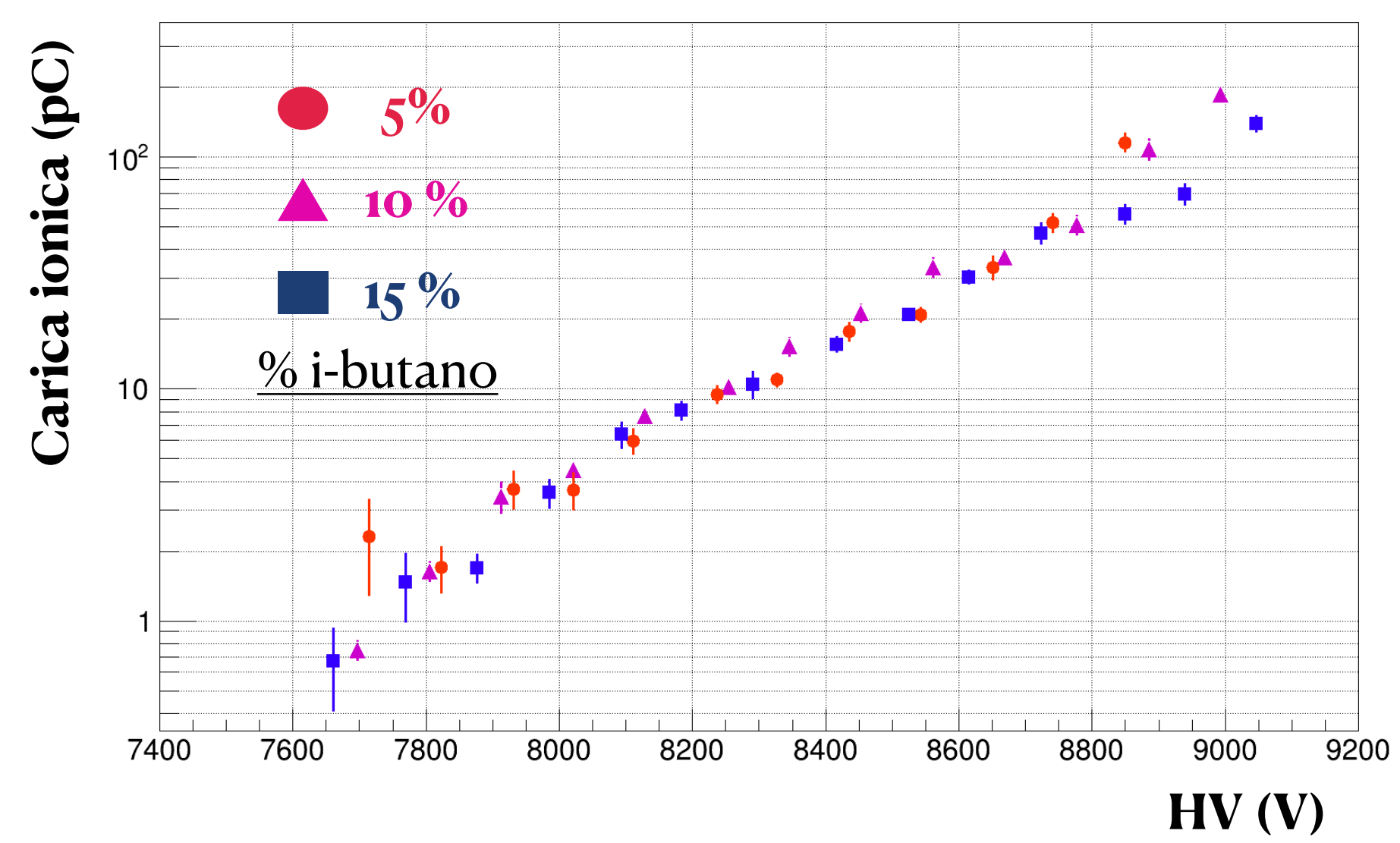
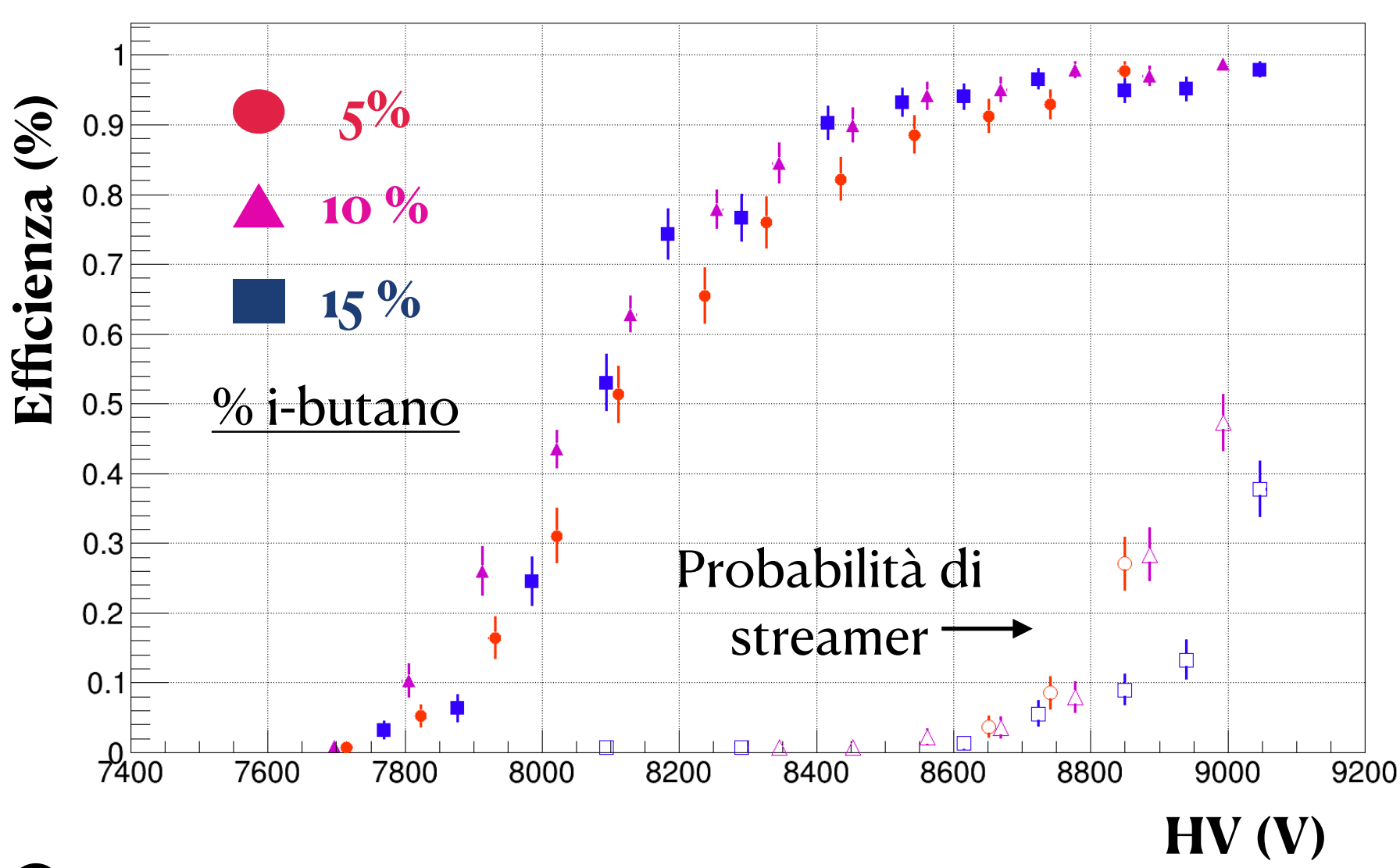


Non è presente un picco nella distribuzione ad alte efficienze

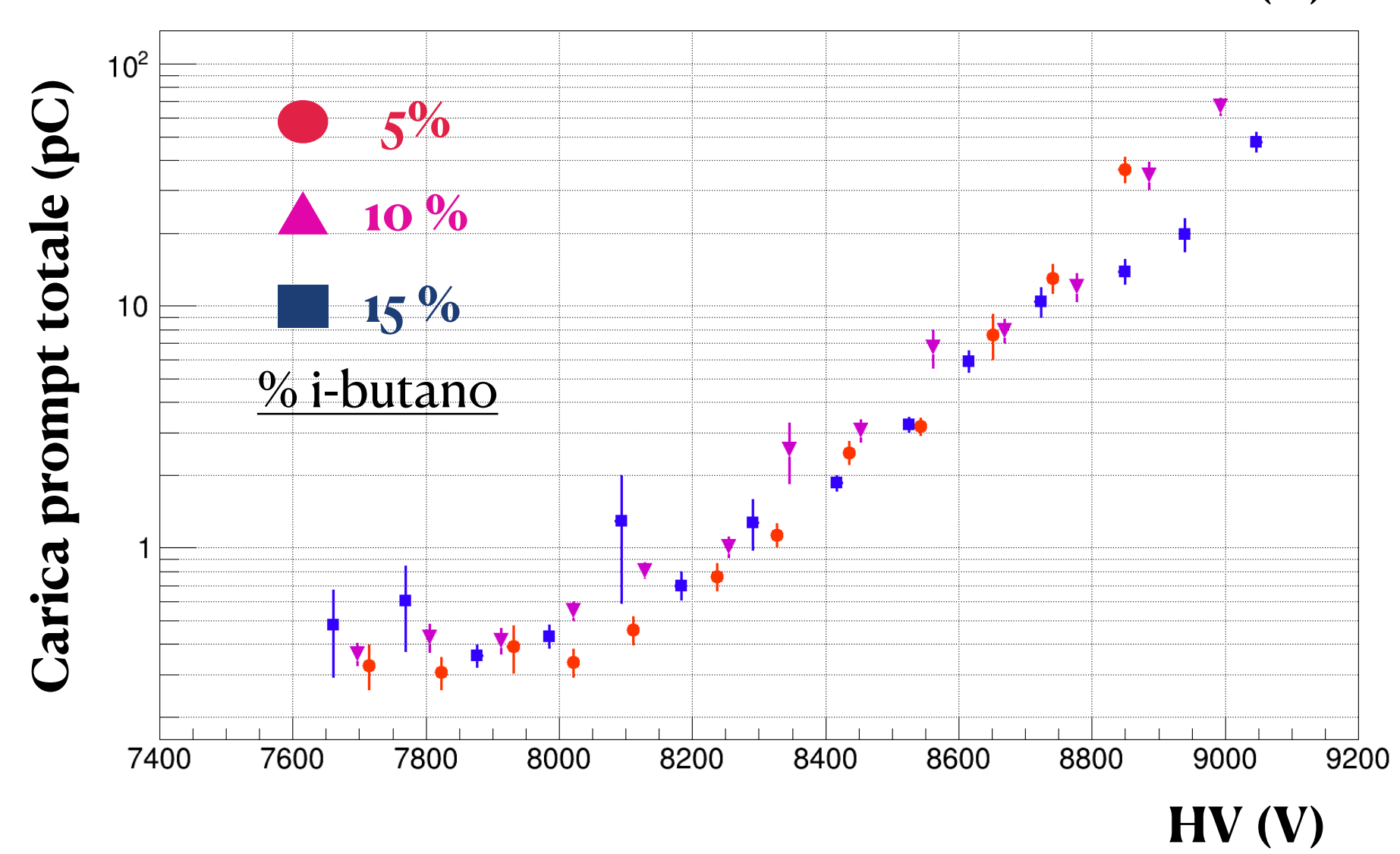
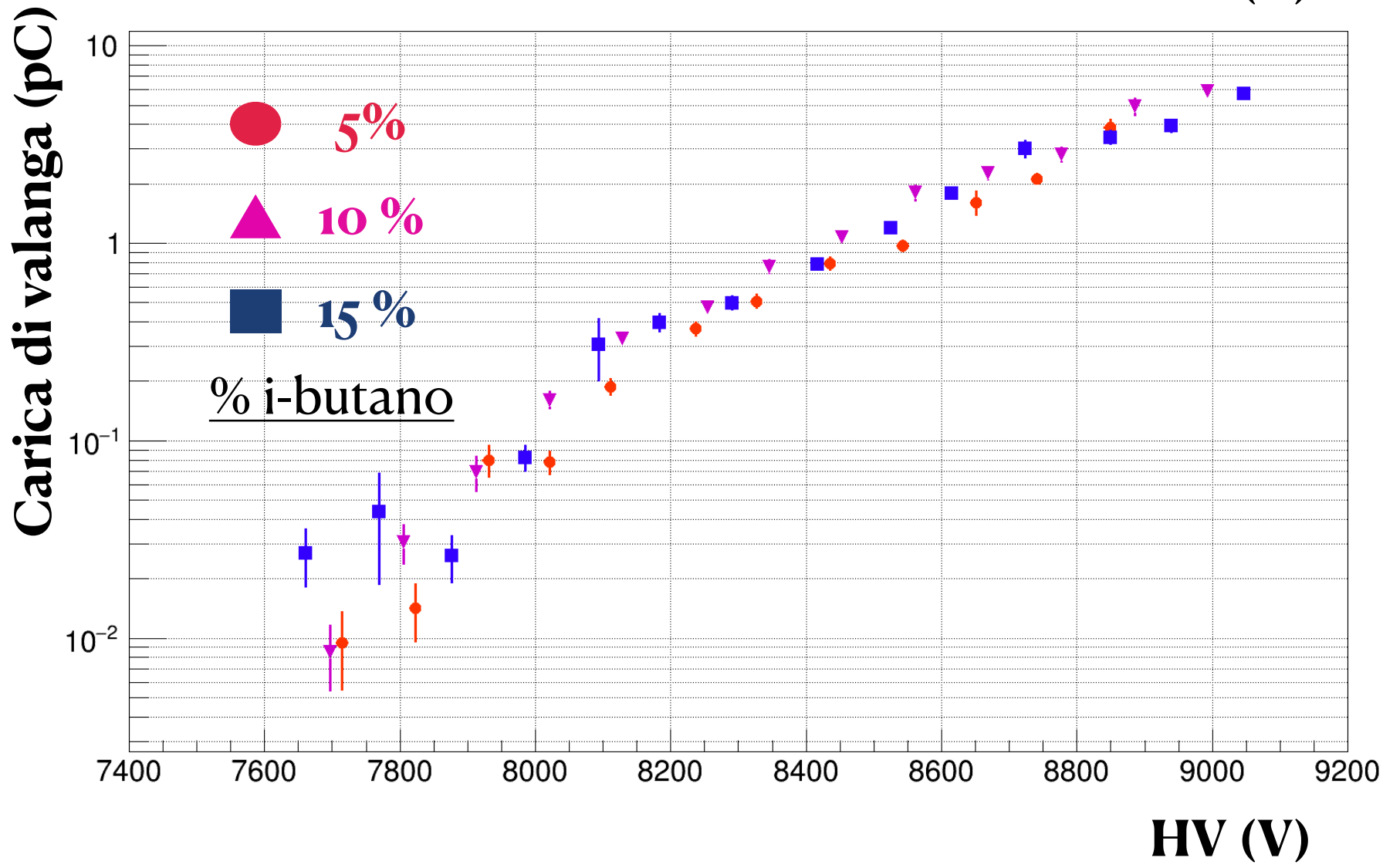


Non c'è la saturazione presente nelle distribuzioni di carica della miscela standard

Serie HFO1234ze/SF₆= costante=5/1 - CO₂=89/84/79



% i-butano	V _{knee}	%streamer @ V _{knee} + 200 V	%extra carica @ V _{knee} + 200 V
5%	8.5 kV	8.5%	46%
10%	8.45 kV	3.5%	46%
15%	8.4 kV	1%	35%



% I-butano	Carica valanga @ V _{knee} + 200 V	Carica prompt totale @ V _{knee} + 200 V	Carica ionica @ V _{knee} + 200 V
5%	2.1 pC	11.5 pC	50 pC
10%	2.2 pC	7.3 pC	37 pC
15%	1.8 pC	5.3 pC	30 pC

V_{knee}= Tensione @90% di efficienza

Conclusioni

Rapporto HFO_{1234ze}/CO₂ variabile

- Diminuendo la percentuale di HFO il punto di lavoro si sposta a tensioni minori, ma diminuisce la separazione tra regime di valanga e streamer, pur mantenendo un valore accettabile fino al 10% di HFO. Anche il valore assoluto dell'efficienza diminuisce
- La carica prompt e la carica ionica aumentano al diminuire della percentuale di HFO di una piccola quantità, tranne per il punto con il 5% di HFO, dove la carica aumenta in maniera significativa
- La miscela con il 15% di HFO sembra la più promettente, presentando una separazione valanga-streamer maggiore e un contenuto di carica minore. Analizzando le distribuzioni di carica si è comunque osservato che il regime di valanga saturata non viene raggiunto

Rapporto i-Butano/CO₂ variabile

- Aumentando la percentuale di isobutano, aumenta la targhetta gassosa e, di conseguenza, il valore assoluto dell'efficienza. La percentuale di streamer e carica extra diminuisce all'aumentare della percentuale di isobutano, così come la separazione valanga-streamer.
- La carica prompt e la carica ionica diminuiscono drasticamente all'aumentare della percentuale di isobutano

Grazie per l'attenzione

Backup