

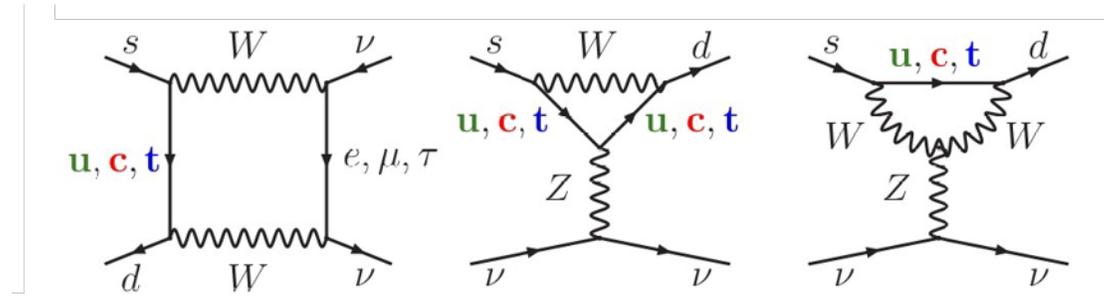
# Stato dell'analisi $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ a NA62 sui dati 2017

Andrea Parenti

*a nome della collaborazione NA62*



# $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ nella teoria



- Decadimento ultra-raro con transizione  $\bar{s} \rightarrow \bar{d}$  (FCNC) altamente soppressa da CKM (GIM).
- Alta precisione teorica, libera da incertezze adroniche: i contributi adronici sono legati ad un processo misurato ( $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ ).

Frazione di decadimento: previsione del MS

$$BR_{SM} = (0.84 \pm 0.10) \times 10^{-10}$$

[Buras et al., JHEP 1511 (2015) 033]

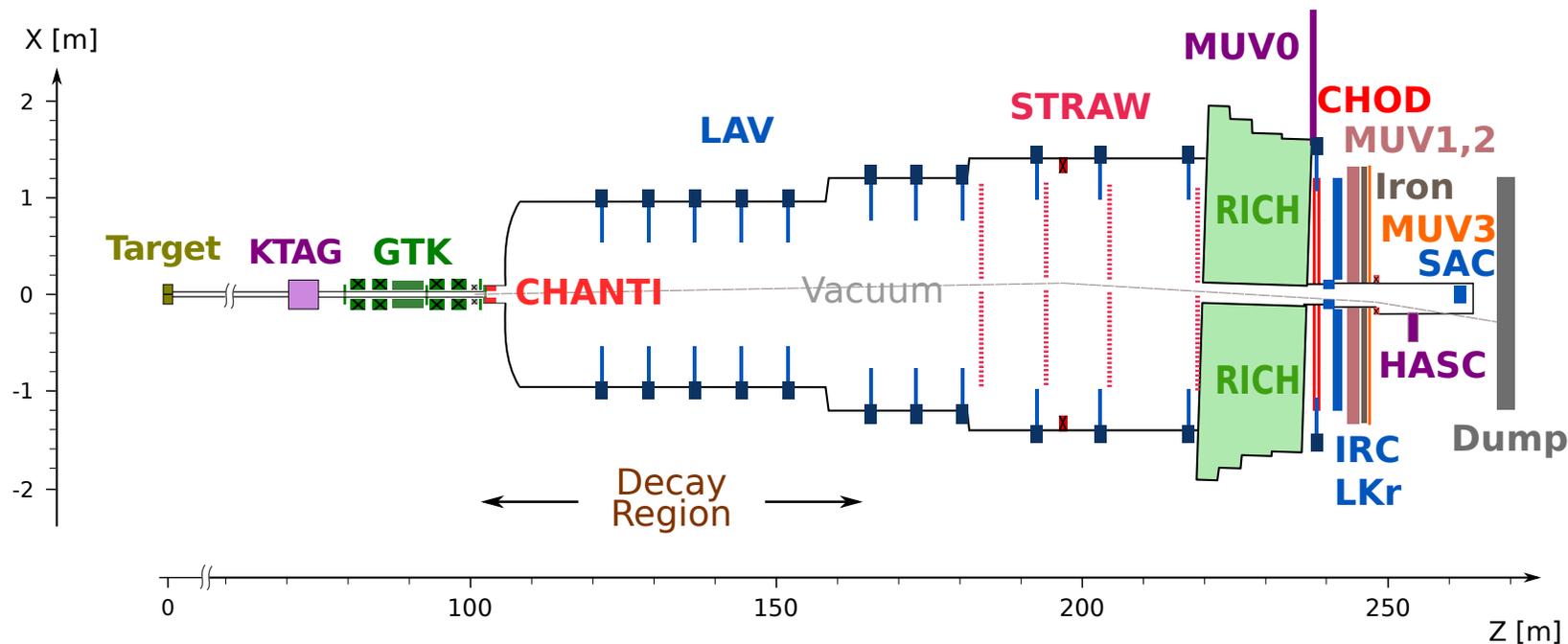
Frazione di decadimento: misura attuale

$$BR = (1.73^{+1.15}_{-1.05}) \times 10^{-10}$$

[Phys. Rev. D 77, 052003 (2008)] - [Phys. Rev. D 79, 092004 (2009)]

- La frazione di decadimento di  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  è sensibile a nuova fisica.

# NA62 @ CERN: fascio e rivelatori

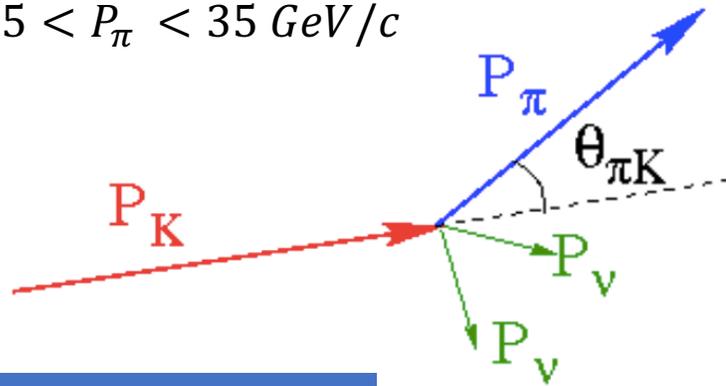


- Fascio SPS: protoni con impulso  $400 \text{ GeV}/c$ .
- Colpisce un bersaglio fisso di berillio producendo un fascio adronico secondario carico positivamente (70% pioni, 24% protoni, 6% kaoni) selezionato con impulso  $75 \text{ GeV}/c$ .
- Intensità del fascio secondario:  $750 \text{ MHz}$ .
- Frequenza media dei decadimenti  $K^+$  nella regione fiduciale:  $5 \text{ MHz}$ .

# Tecnica del decadimento in volo

## Strategia di analisi

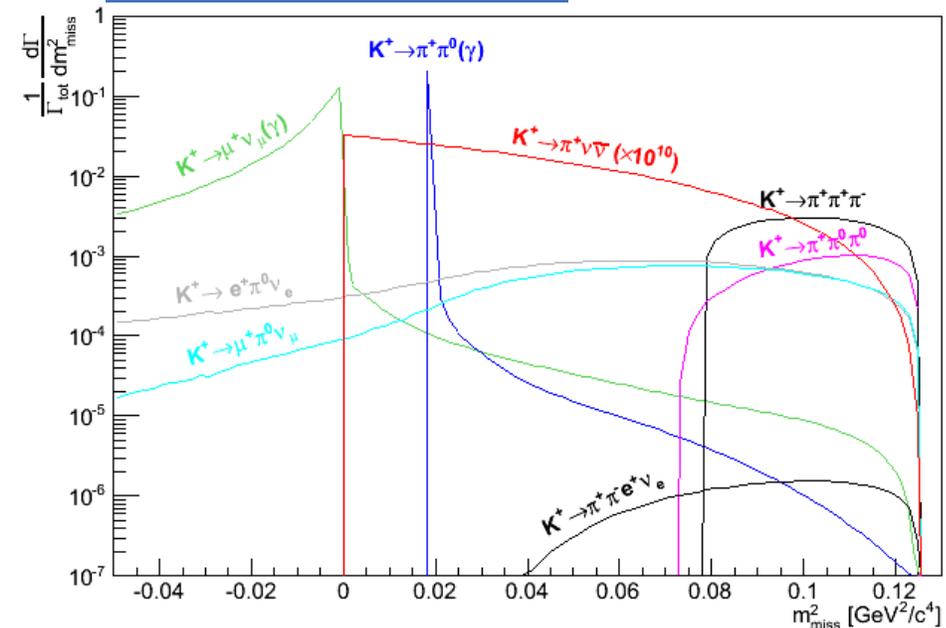
- Separazione cinematica
- Identificazione di particelle cariche (calorimetri + RICH)
- Reiezione di fotoni
- $15 < P_\pi < 35 \text{ GeV}/c$



## Fondi principali

Processo	Frazione di decadimento
$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu$	$(63.56 \pm 0.11) \times 10^{-2}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$	$(20.67 \pm 0.08) \times 10^{-2}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+$	$(5.583 \pm 0.024) \times 10^{-2}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ \nu$	$(4.247 \pm 0.024) \times 10^{-5}$

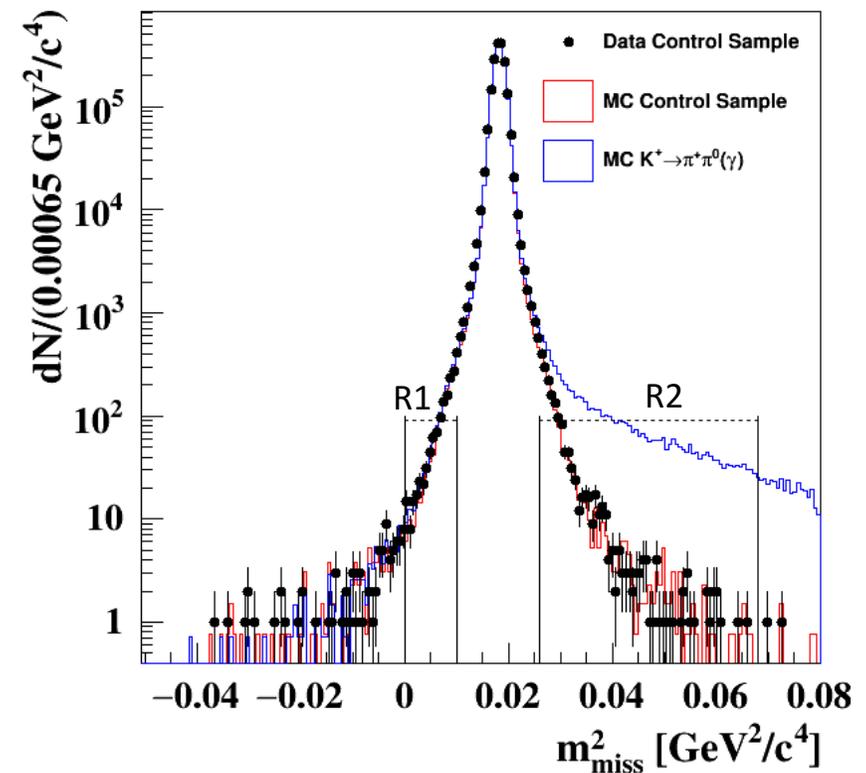
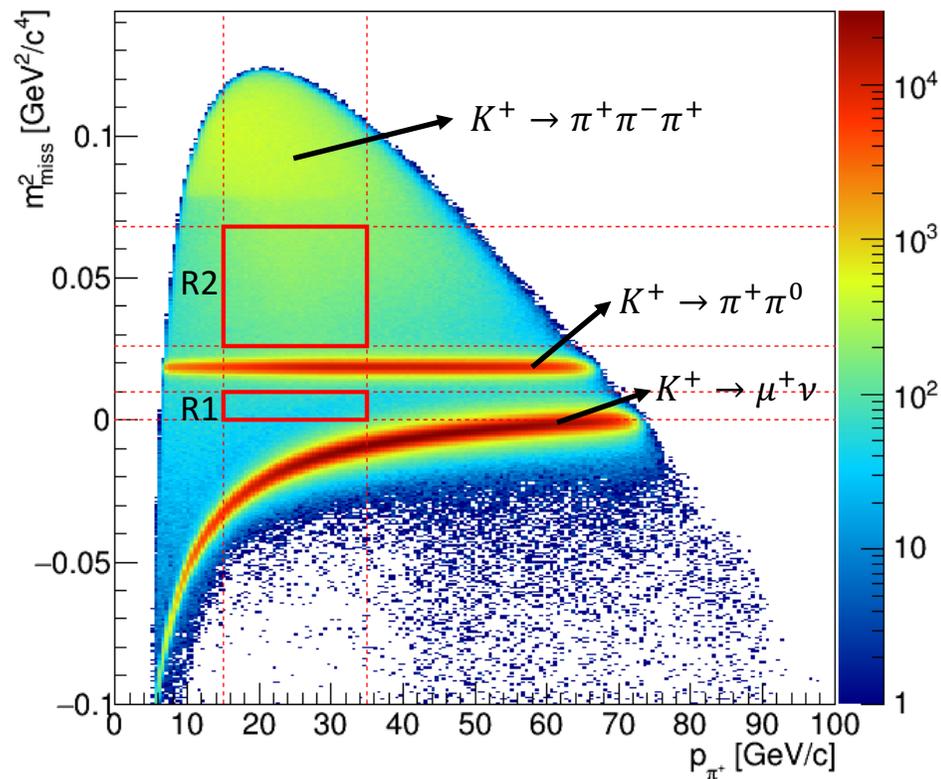
$$m_{miss}^2 = (P_K - P_\pi)^2$$



## Reiezione del fondo

- Risoluzione temporale  $O(100 \text{ ps})$
- Reiezione cinematica del fondo  $O(10^4)$
- Reiezione di  $\mu^+ > 10^7$
- Reiezione di  $\pi^0 > 10^7$

# Regioni di segnale

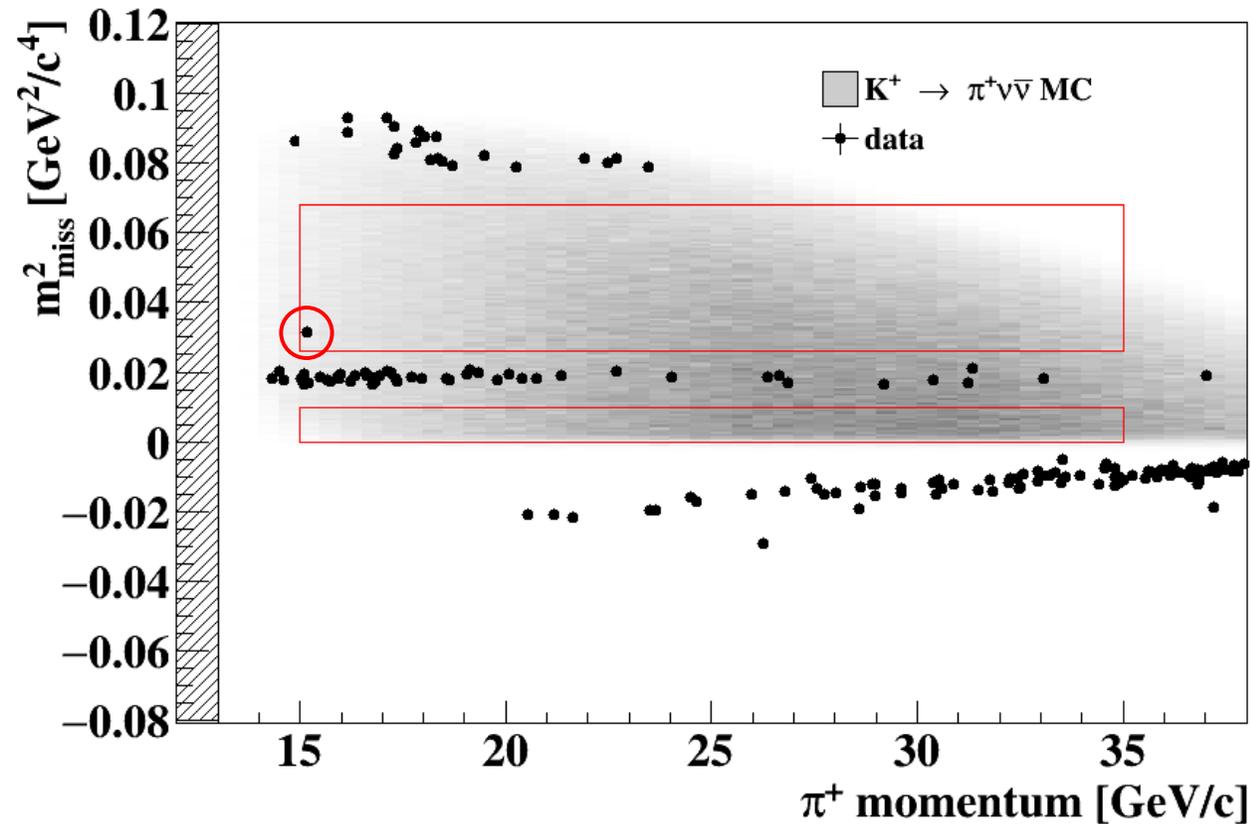


- Sono definite due regioni di segnale cinematiche: R1 e R2, oscurate fino al termine dell'analisi.
- Il fondo nelle regioni di segnale è dovuto alle code non gaussiane causate da inefficienze nella ricostruzione dell'evento di segnale.
- Sono inoltre definite delle regioni di controllo cinematiche per validare le stime degli eventi di fondo.

# Periodi di presa dati

- 2016: fine dell'installazione dei rivelatori + primo run di fisica (30 giorni)
  - Dati analizzati e risultati pubblicati. [*Phys. Lett. B791 (2019) 156*]
  - Un evento candidato di segnale trovato: la tecnica del decadimento in volo funziona.
- 2017: run di fisica (161 giorni)
  - Analisi dati in corso (**stato dell'analisi in corso in questa presentazione**).
- 2018: run di fisica (217 giorni)

# 2016: risultati



**Eventi di segnale attesi (MS):**

$$0.267 \pm 0.001_{stat} \pm 0.020_{sist} \pm 0.032_{est}$$

**Eventi di fondo attesi:**

$$0.15 \pm 0.09_{stat} \pm 0.01_{sist}$$

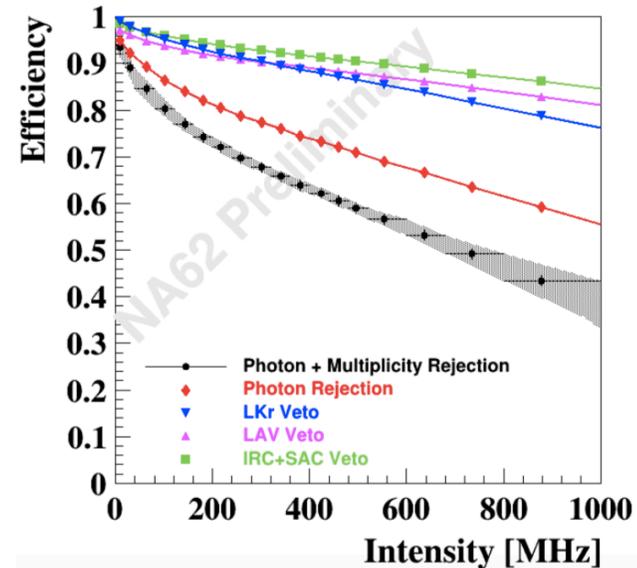
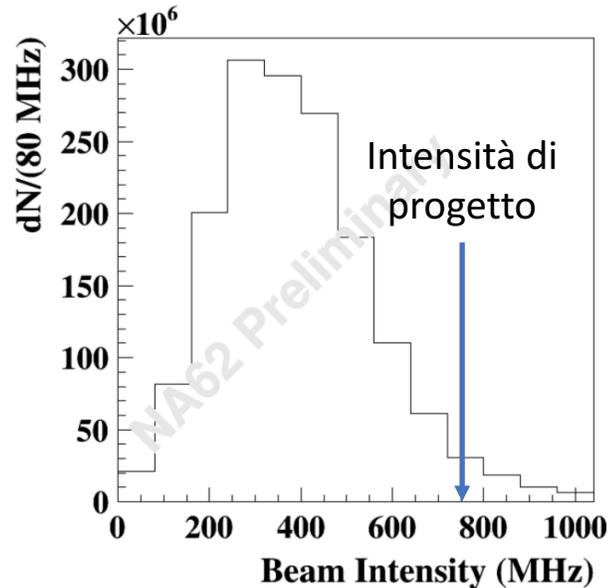
Un evento osservato nella regione di segnale R2.

Frazione di decadimento

$$BR^{NA62}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) < 14 \times 10^{-10} @ 95\% CL$$

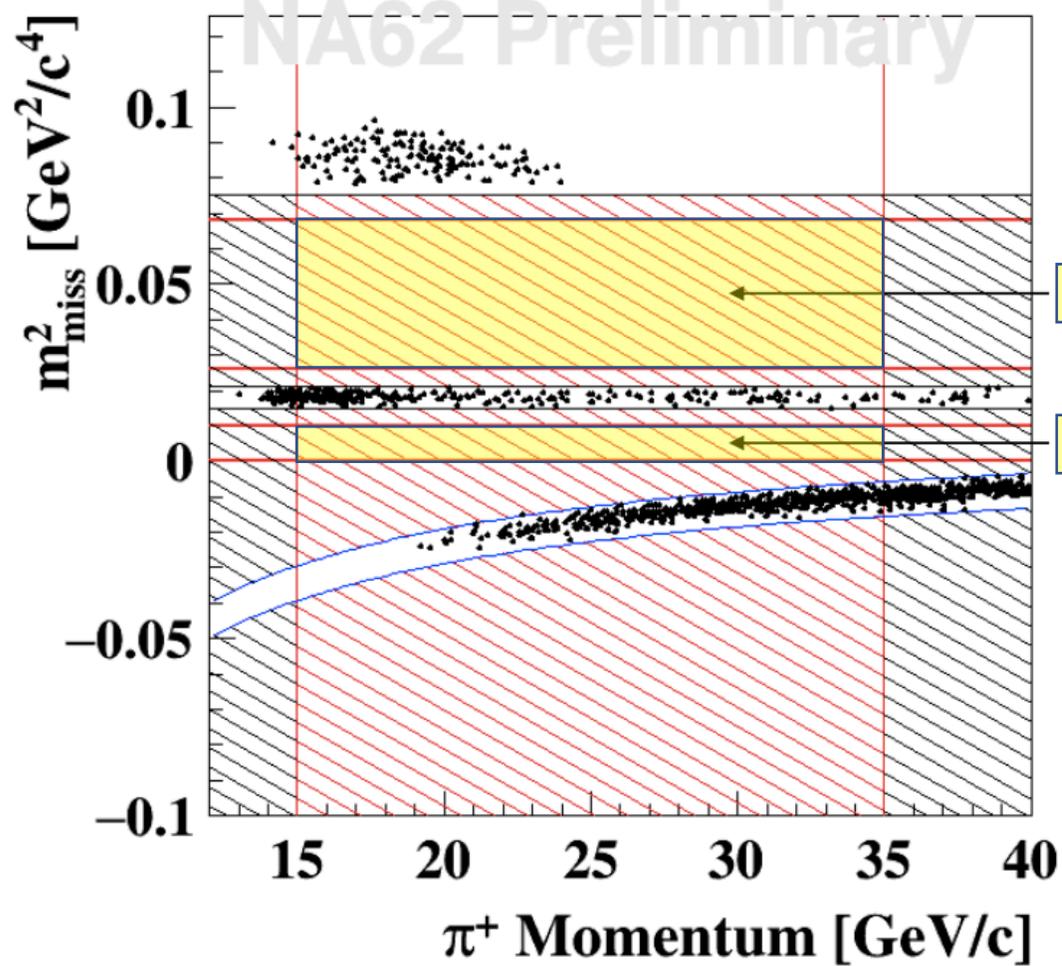
$$BR^{MS}(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}) = (0.84 \pm 0.10) \times 10^{-10}$$

# 2017: analisi



- Strategia di analisi analoga al 2016, con performance simili.
- Analisi in 4 bin di impulso nell'intervallo  $15 < P < 35 \text{ GeV}/c$ .
- Intensità media del fascio 50% del valore nominale (nel 2016 40%).
- Piccoli miglioramenti nell'identificazione di particelle cariche e nella reiezione di fotoni, nessun effetto causato dalla maggiore intensità.
- Perdita di segnale dovuta alla reiezione dei fotoni e degli eventi con più tracce cariche aumenta con l'intensità.

# 2017: selezione



- 2 regioni di segnale come 2016, oscurate.
- Regioni di controllo oscurate per validare le stime del fondo:
  - $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+$
  - $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$
  - $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu$
  - fondo proveniente dal fascio.

# 2017: sensibilità

## Numero di decadimenti di $K^+$

$$N_K = (13 \pm 1) \times 10^{11}$$

$N_K$  è stimato tramite un campione di decadimenti  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  di normalizzazione.

## Sensibilità

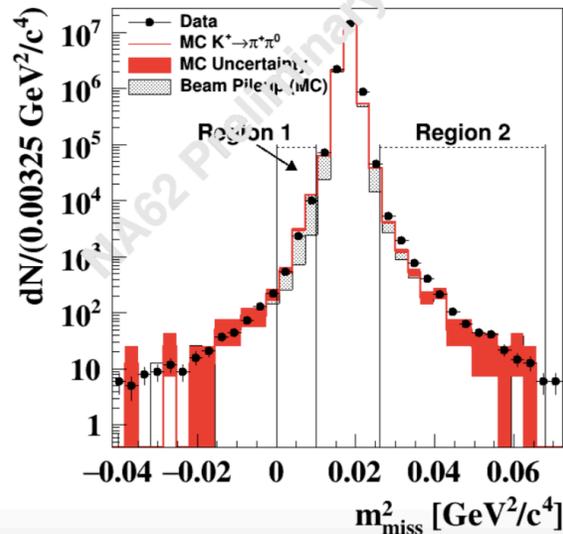
$$SES = \frac{1}{N_K \cdot \epsilon_{\pi\nu\nu}}$$

$$SES = (0.34 \pm 0.04) \times 10^{-10}$$

## Numero di eventi di segnale attesi (MS)

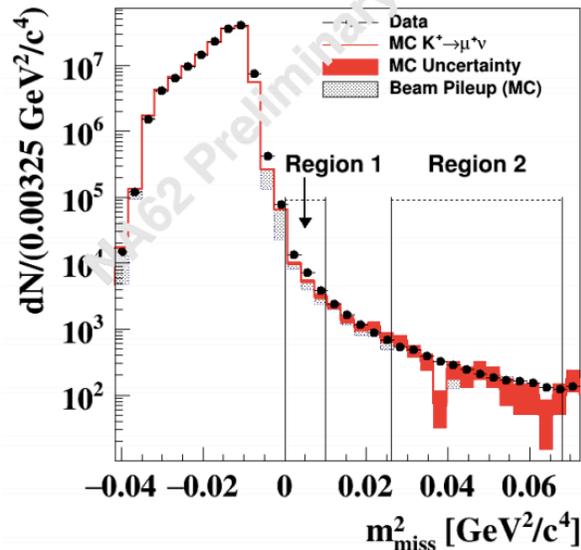
$$N_{\pi\nu\nu}^{exp} = \frac{BR_{\pi\nu\nu}^{MS}}{SES} = 2.5 \pm 0.4$$

# 2017: stima del fondo



- Fondi principali stimati.
- Stima del fondo proveniente dal fascio in corso.

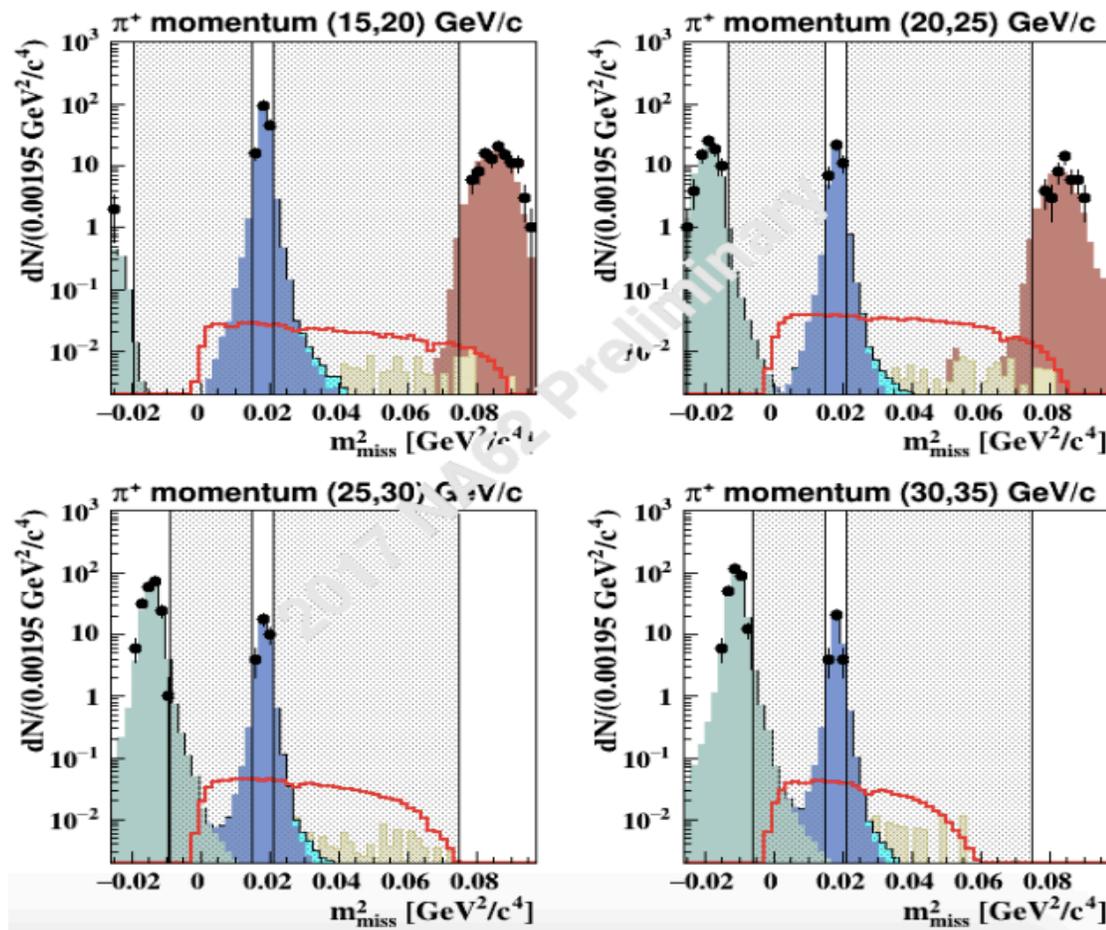
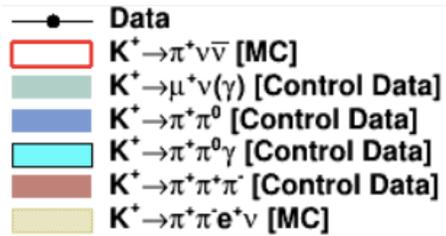
## Numero di eventi di fondo attesi



Process	Expected events in signal regions
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0(\gamma)$ IB	$0.35 \pm 0.02_{stat} \pm 0.03_{syst}$
$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu(\gamma)$ IB	$0.16 \pm 0.01_{stat} \pm 0.05_{syst}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ \nu$	$0.22 \pm 0.08_{stat}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$	$0.015 \pm 0.008_{stat} \pm 0.015_{syst}$
$K^+ \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$	$0.005 \pm 0.005_{syst}$
$K^+ \rightarrow l^+ \pi^0 \nu_l$	$0.012 \pm 0.012_{syst}$
Upstream Background	Analysis on-going

# 2017: stima del fondo

- Le distribuzioni in  $m_{miss}^2$  dei processi dipendono dall'impulso.



Eventi di segnale attesi (MS):

$$2.5 \pm 0.4$$

Eventi di fondo attesi:

stima in corso

# Conclusioni

- Analisi dati 2017 da completare.
- Stima del fondo proveniente dal fascio in corso.
- Sensibilità 10 volte migliore del 2016.
- O(3) eventi  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$  SM attesi.
- Risultato sui dati 2017 nel 2019, l'obiettivo è superare la precisione dell'attuale misura sperimentale.
- Pubblicazione entro l'anno.
- NA62 prenderà dati dopo LS2 per raggiungere la precisione di progetto.