

## EEE Run Coordination Meeting -

# LA MISCELA GASSOSA NEI TELESCOPI EEE INSTALLATI NELLA REGIONE CALABRIA

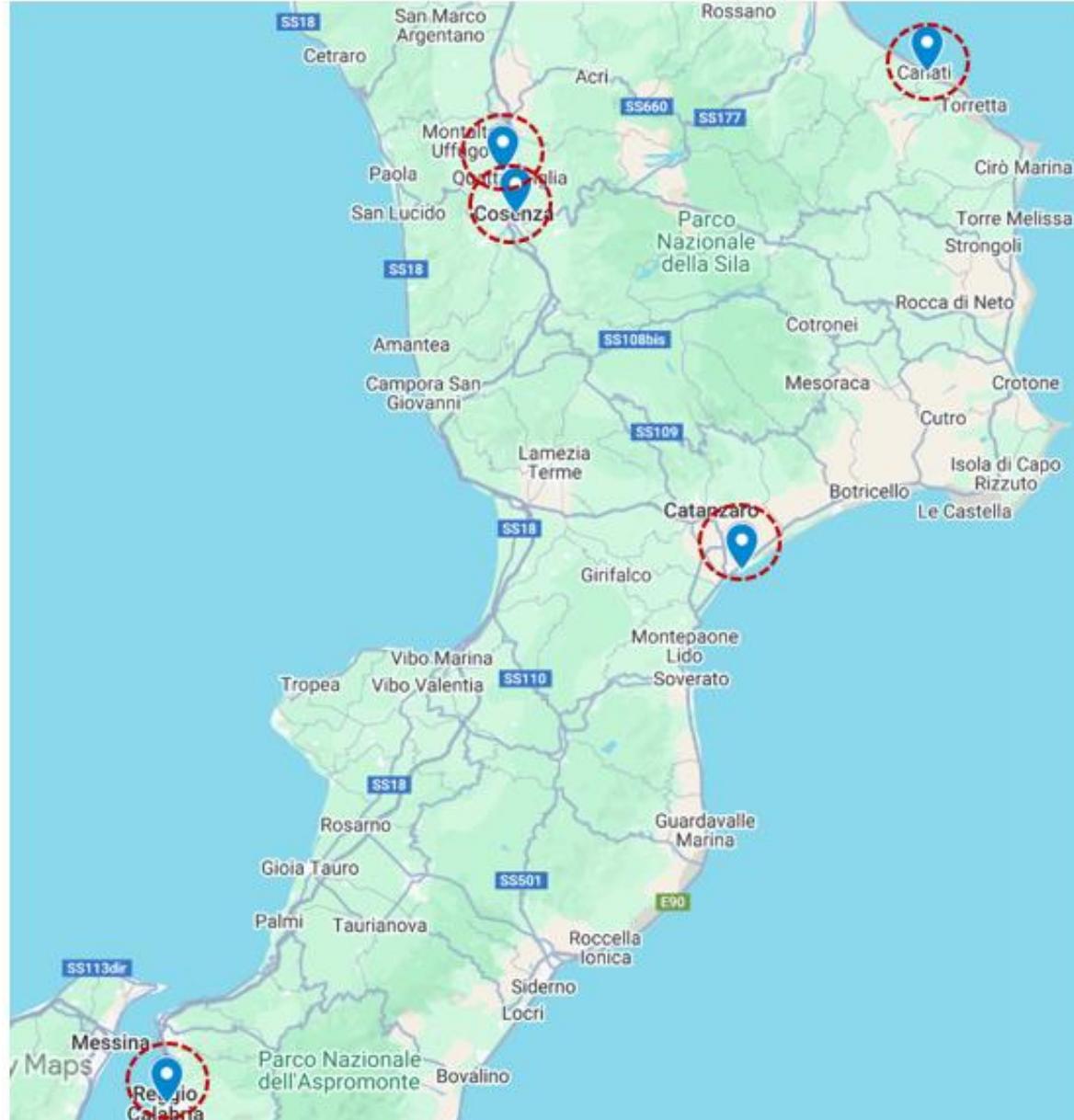
Aurora Via  
5A L.S. Cariati

per conto di tutti i partecipanti al  
progetto EEE delle scuole superiori  
calabresi



# I TELESCOPI EEE INSTALLATI IN CALABRIA

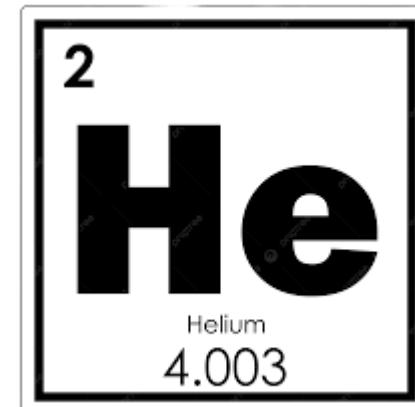
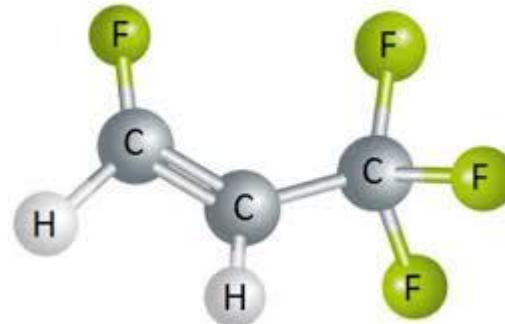
- REND-01 (UNICAL - Rende)
- REND-02 (UNICAL - Rende)
- CARI-01 (LS "Patrizi" Cariati)
- COSE-01 (LS "Scorza"-CS)
- RECA-01 (LS "Volta"-RC)
- CATZ-01 (LS "Fermi" CZ-lido)



REND-01 potrebbe essere adottato da una scuola dell'interland cosentino

# LA MISCELA GASSOSA A BASSO POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE (GWP) ADOTTATA DALLA COLLABORAZIONE PER RIVELATORI RPC A MULTIGAP IN VETRO DEI TELESCOPI DELLA RETE NAZIONALE EEE

Tetrafluoropropene,  
noto anche come  
HFO-1234ze

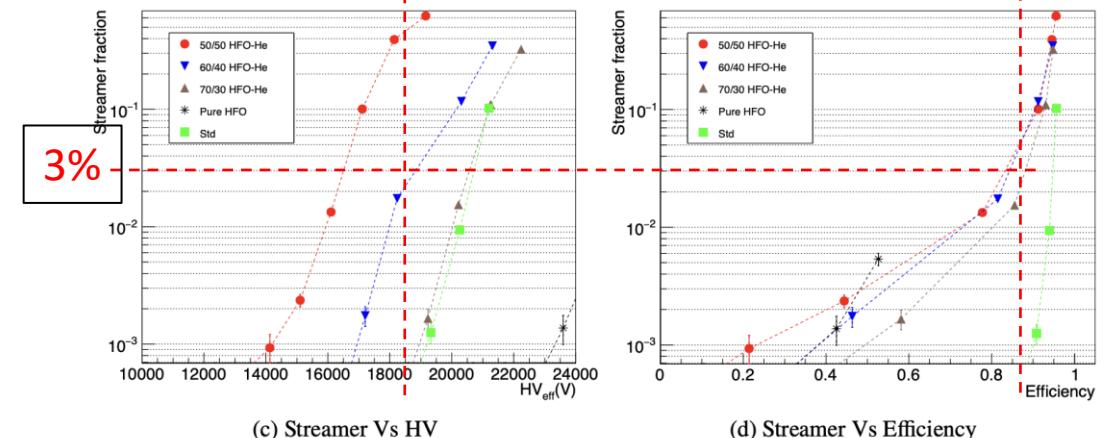
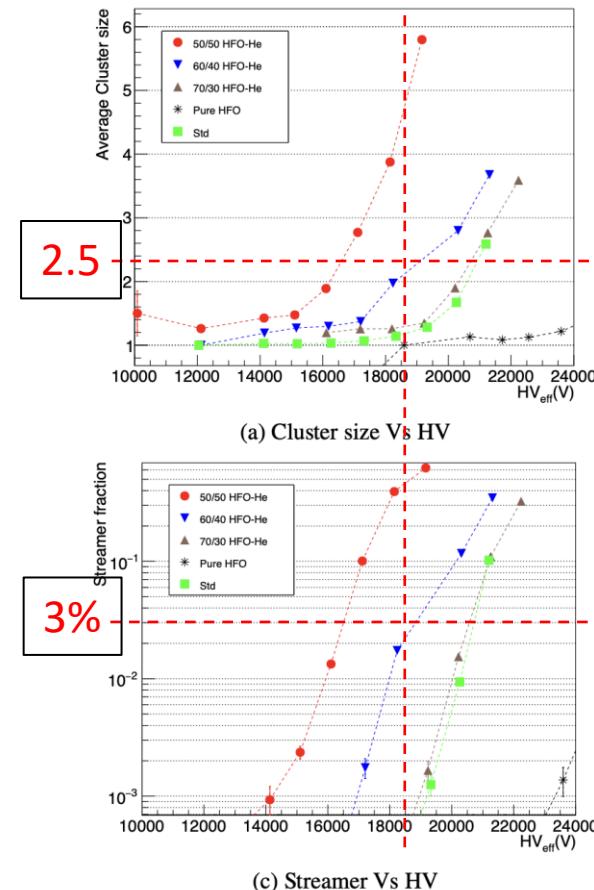
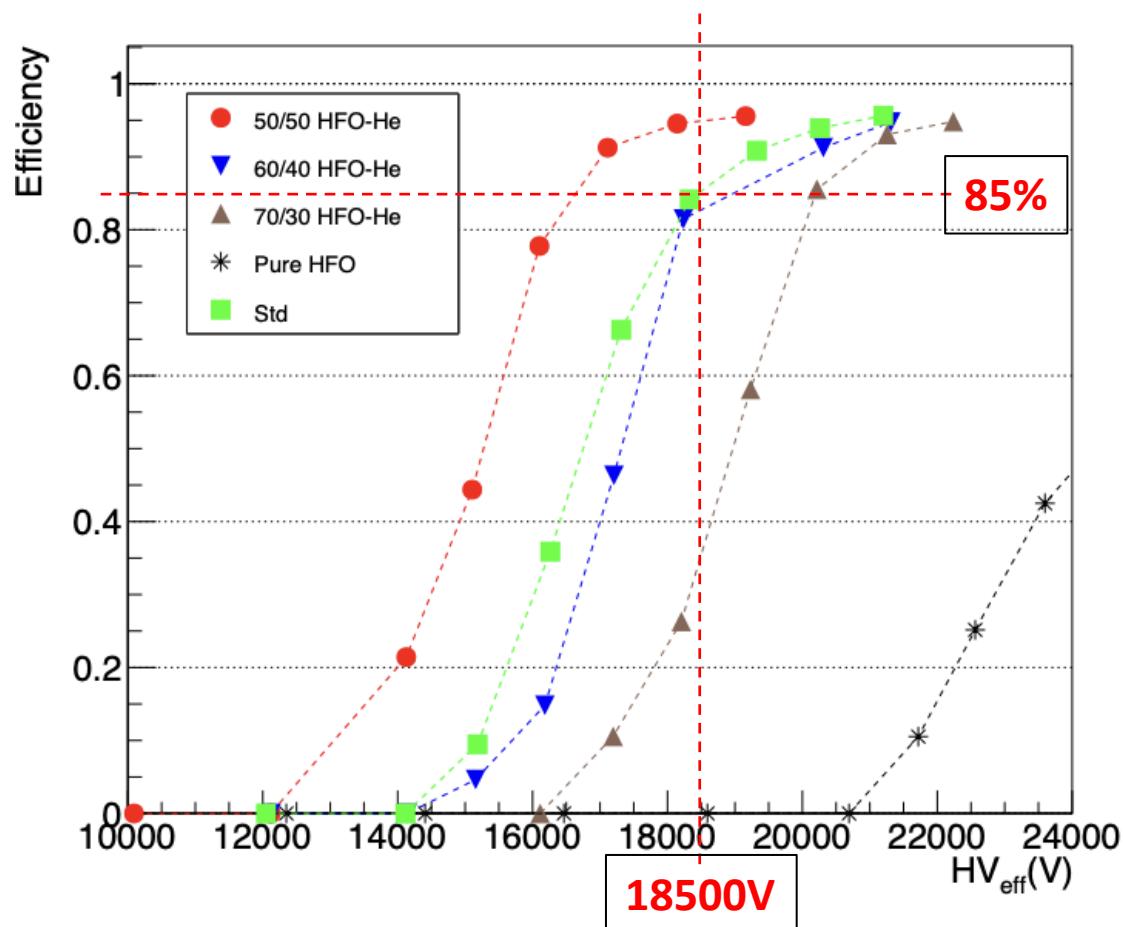


basso potenziale di  
riscaldamento globale  
(GWP)

Il GWP della miscella HFO+He (60:40) è  
circa **5**

Il GWP della miscella precedente:  
TFE+SF<sub>6</sub> (98:2) è circa **1880**. Il limite  
superiore accettato dalla EU è **150**

# L'EFFICIENZA DI RIVELAZIONE, LA CLUSTER SIZE E LA % DI STREAMER NEL TELESCOPIO REND-01



$$V_{\text{eff}} = V_0 P_0 / P \rightarrow V_o = V_{\text{eff}} P / P_0$$

P<sub>0</sub> = 971mbar

	V <sub>eff</sub> (V)	16600	16790	16980	17170	17360	17550	17740	17930	18120	18310	18500	18675	18850	19025	19200	19375	19550	19725	19900	20075	20250
	HFO(%)	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	He(%)	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
	971	16600	16790	16980	17170	17360	17550	17740	17930	18120	18310	18500	18675	18850	19025	19200	19375	19550	19725	19900	20075	20250
	981,5	16780	16972	17164	17356	17548	17740	17932	18124	18316	18508	18700	18877	19054	19231	19408	19585	19761	19938	20115	20292	20469
85%	992	16959	17153	17347	17541	17735	17930	18124	18318	18512	18706	18900	19079	19258	19436	19615	19794	19973	20152	20330	20509	20688
	1002,5	17139	17335	17531	17727	17923	18119	18315	18512	18708	18904	19100	19281	19462	19642	19823	20004	20184	20365	20546	20726	20907
	1013	17318	17516	17714	17913	18111	18309	18507	18706	18904	19102	19300	19483	19665	19848	20030	20213	20396	20578	20761	20943	21126
	V <sub>eff</sub> (V)	15500	15700	15900	16100	16300	16500	16700	16900	17100	17300	17500	17675	17850	18025	18200	18375	18550	18725	18900	19075	19250
	971	15500	15700	15900	16100	16300	16500	16700	16900	17100	17300	17500	17675	17850	18025	18200	18375	18550	18725	18900	19075	19250
	981,5	15668	15870	16072	16274	16476	16678	16881	17083	17285	17487	17689	17866	18043	18220	18397	18574	18751	18927	19104	19281	19458
58%	992	15835	16040	16244	16448	16653	16857	17061	17265	17470	17674	17878	18057	18236	18415	18594	18772	18951	19130	19309	19488	19666
	1002,5	16003	16209	16416	16622	16829	17035	17242	17448	17655	17861	18068	18248	18429	18610	18790	18971	19152	19332	19513	19694	19874
	1013	16170	16379	16588	16796	17005	17214	17422	17631	17840	18048	18257	18440	18622	18805	18987	19170	19352	19535	19718	19900	20083

# LA MISCELA GASSOSA ADOTTATA PER LA RETE DI TELESCOPI DEL PROGETTO EEE

La miscela gassosa adottata dalla collaborazione EEE è HFO:He (60:40). La curva di efficienza è molto simile a quella della miscela standard, TFE:SF6 (98:2).

Impostando la tensione di lavoro a **18500V** l'efficienza di rivelazione della singola camera, con la miscela ecologica, è circa 85%, la dimensione dei cluster di strip è circa 2 (1 con la miscela std), la frazione di segnali streamer è circa il 3% (inferiore a 0.1% con la miscela std).

Va evidenziato che la tensione riportata nei grafici precedenti non è quella impostata ma quella efficace, ovvero  $HV_{\text{eff}} = HV \cdot P_0/P \cdot T/T_0$ , essendo  $P_0$  la pressione atmosferica di riferimento e  $T_0$  la temperatura di riferimento del locale dove è installato il telescopio.

## RENDE

(h=240m slm)

riferimento i valori medi di  $P_0$  e  $T_0$   
del telescopio di Rende

$$P_0 = 0.9877^{h/100} = 971 \text{ mbar}$$

$$T_0 = 24^\circ\text{C}$$

## CARIATI

(h=40m slm)

pressione atmosferica media circa 1013mbar

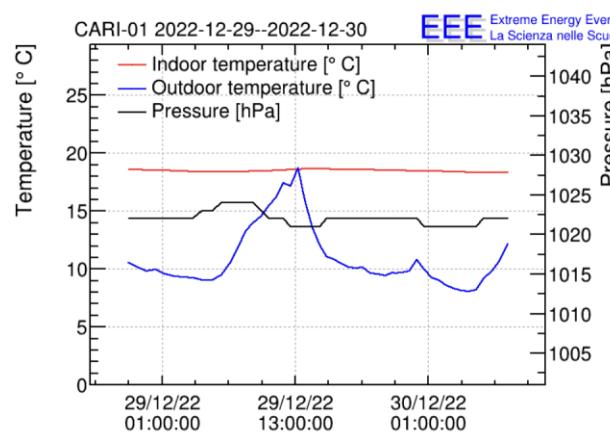
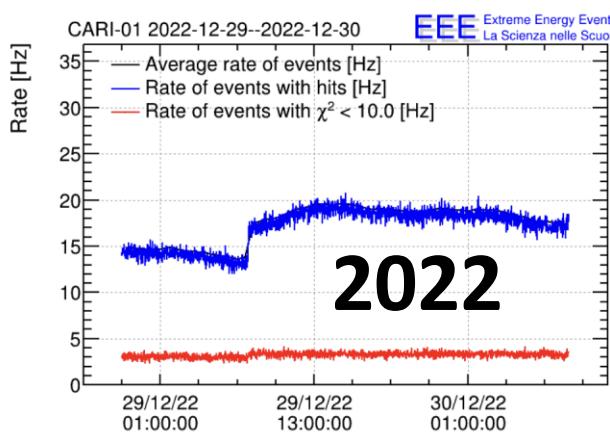
per lavorare alla tensione efficace di 18500V, quella da impostare sull'alimentatore di Cariati è

$$HV = HV_{\text{eff}} \cdot 1013/971 \cdot 297/297 = 18500 \cdot 1.043 = 19300 \text{ V}$$

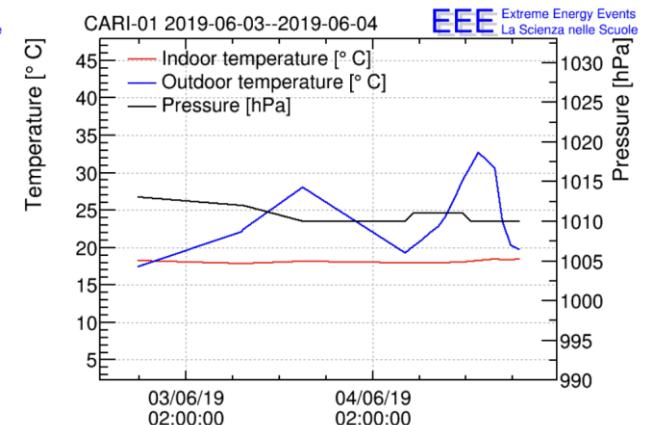
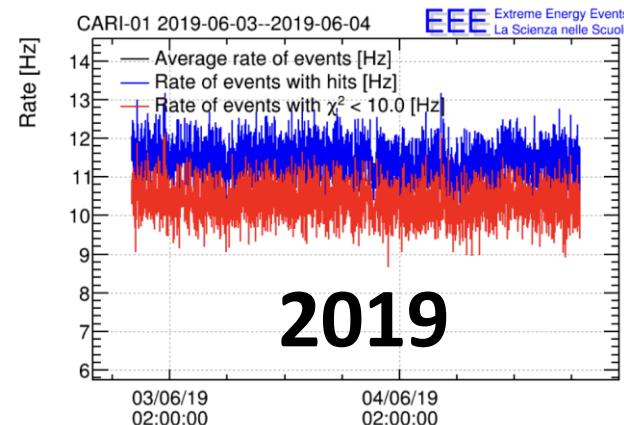
800V più alta di quella di Rende!!!

Un altro parametro da tenere in considerazione è la calibrazione dei miscelatori dei telescopi calabresi.

# IL TELESCOPIO CARI-01



Il telescopio CARI-01 ha iniziato a prendere dati nel 2019. Il rate di questo telescopio è sempre stato piuttosto modesto (10Hz di tracce con  $\chi^2 < 10$ ) e ha lavorato alla tensione di 18.5kV.



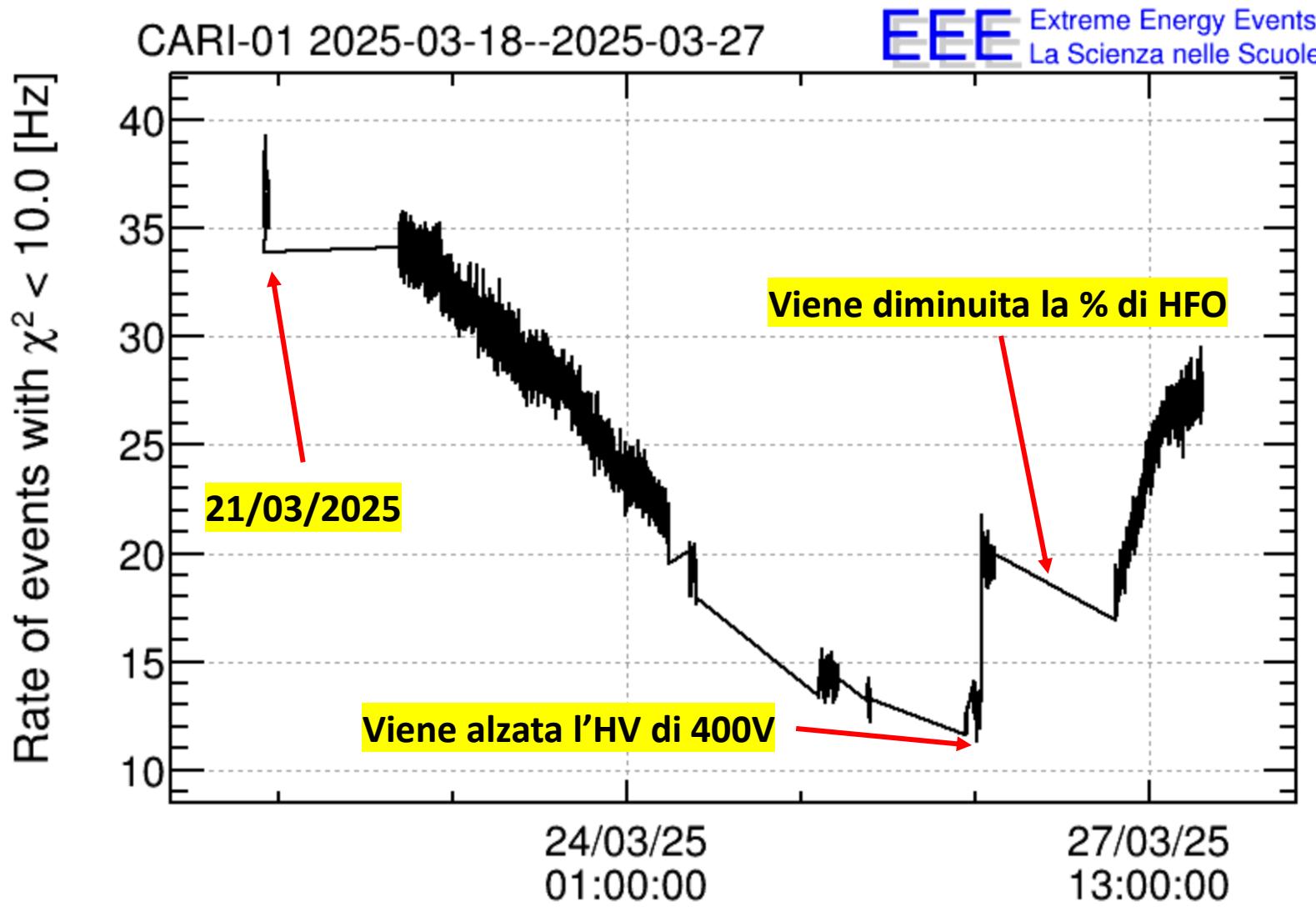
Dopo il passaggio alla miscela gassosa ecologica, il telescopio non è riuscito a riprodurre le prestazioni precedenti, sebbene già modeste.

# IL TELESCOPIO CARI-01 ex REND-01



In concerto con il Centro Fermi e il responsabile scientifico dei telescopi calabresi, il 21/03/25 il telescopio REND-01 è stato scambiato con CARI-01. Lo scambio è totale: camere, elettronica di FE, crate VME e moduli, cavi segnale e cavi trigger. Il telescopio REND-01 è stato staccato dalla linea del gas il 19/3/2025 e due giorni dopo è stato collegato a quella di Cariati. I valori impostati sul mixer erano gli stessi: HFO 9.8 e He 60. Poco dopo è stata accesa l'alta tensione ad un valore di 17.5kV e il telescopio ha iniziato ad acquisire raggi cosmici con un rate di tracce con  $\text{chi}^2 < 10$  intorno a 37Hz. Sembrava che tutto fosse risolto. Invece ...

Dopo alcune ore di funzionamento il rate di tracce ha iniziato a diminuire!!!!



Il 26/3/25 viene deciso dal referente di Cariati (D. Liguori) e dal responsabile dei telescopi calabresi (M. Schioppa) di aumentare la tensione delle camere. L'effetto è immediato ma il rate continua a scendere. Il pomeriggio dello stesso giorno decidono di verificare la miscela gassosa e viene abbassato il flusso dell'HFO da 9.8 a 4.8 (quello dell'He rimane a 60). L'effetto è stato subito evidente.

(P.S. Le interruzioni nell'acquisizione sono un vecchio problema di REND-01: a volte l'acquisizione si blocca e per farla ripartire è necessario spegnere e riaccendere il VME.)

## **UNA PROCEDURA SEMPLICE PER CONFRONTARE IL FLUSSO DEI COMPONENTI DELLA MISCELA FORNITO DA MISCELATORI DIVERSI**

Nei giorni successivi all'installazione del telescopio di Rende a Cariati la causa della diminuzione continua del rate di tracce era chiara: la miscela gassosa. Al livello del mare la pressione media è superiore a quella di Rende (240mslm) e, a parità di tensione applicata, si sarebbe osservata una diminuzione del rate entro poche ore. Invece il rate è diminuito per giorni, ossia il tempo necessario per sostituire la miscela presente nel telescopio a Rende con quella imposta dal miscelatore di Cariati. Era necessario misurare il flusso delle singole componenti con i due miscelatori. L'idea iniziale fu di contare il rate di bolle nel bubbolatore quando questo è direttamente collegato all'uscita del mixer. La frequenza di bolle è un'indicazione del flusso di gas che attraversa il telescopio.



## UNA PROCEDURA SEMPLICE PER CONFRONTARE IL FLUSSO DEI COMPONENTI DELLA MISCELA FORNITO DA MISCELATORI DIVERSI (2/3)

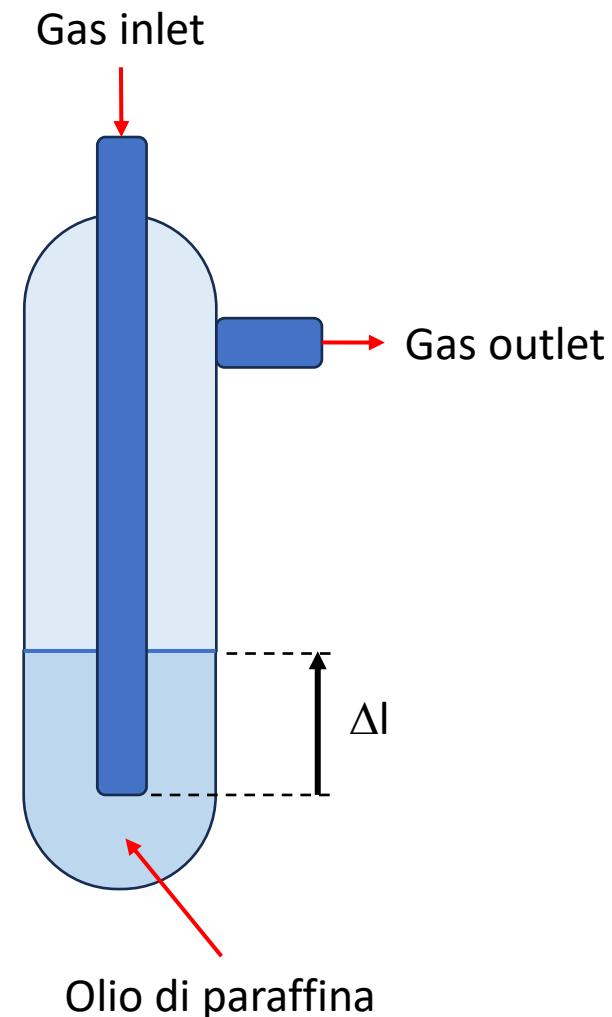
Il numero di moli contenute in una bolla dipende dal volume della bolla, dalla pressione interna alla bolla e dalla temperatura del gas attraverso la relazione  $n=PV/RT$ .

Il volume della bolla dipende dal diametro del tubo in vetro del bubbolatore che termina nell'olio di paraffina, dalla frequenza di bolle e dalla quantità  $\Delta l$  di olio di paraffina al di sopra del bordo inferiore del tubo stesso. Il livello  $\Delta l$  di olio e la pressione atmosferica determinano la pressione  $P$  del gas all'interno della bolla:  $P_{\text{bolla}} = P_{\text{atm}} + 1 \text{ mbar/cm-di-olio}$ .

La prima misura del flusso dei singoli gas fu fatta usando il bubbolatore in uscita al telescopio. La frequenza di bolle del mixer di Cariati per l'He era la stessa del mixer di Rende, mentre quella dell'HFO circa doppia per il mixer di Cariati.

I valori impostati a Rende erano e sono ancora HFO:He (9.8:60) mentre quelli di Cariati diventavano (4.8:60). Con questi nuovi valori il rate di tracce del telescopio CARI-01 ha iniziato ad aumentare dopo poche ore.

La procedura qui descritta è molto approssimativa e per renderla più quantitativa era necessario dotarsi di flussimetri di massa calibrati.



# UNA PROCEDURA SEMPLICE PER CONFRONTARE IL FLUSSO DEI COMPONENTI DELLA MISCELA FORNITO DA MISCELATORI DIVERSI

Dopo il trasferimento del telescopio REND-01 a Cariati e i primi tentativi di calibrazione dei miscelatori si è giunti alla conclusione che la equalizzazione dei flussi potesse avvenire solo per confronto diretto del mixer X con quello Y nello stesso giorno e luogo. Solo a ottobre 2025 il gruppo ATLAS-CS ha potuto disporre di una coppia di flussimetri calibrati (dal CERN) in He e TFE. La procedura adottata per tutti i telescopi calabresi fu quella di eseguire la misura presso la scuola che ospita il telescopio X. Per tutte le misure è stato impiegato sempre lo stesso bubbolatore. Si è misurata la frequenza di bolle del gas TFE<sup>(\*)</sup> con il MFMC della scuola X, quindi quella del gas He e immediatamente dopo si ripete la misura con i relativi MFMC calibrati. Questa misura è stata eseguita nel giro di pochi mesi per tutti i telescopi. L'analisi dei dati raccolti è stata eseguita al termine della raccolta dei dati. I risultati sono riportati di seguito.

(\*) Il flusso di HFO si ottiene moltiplicando quello misurato dal MFMC per il TFE per il fattore di conversione 0.843 (Abbrescia 2021).

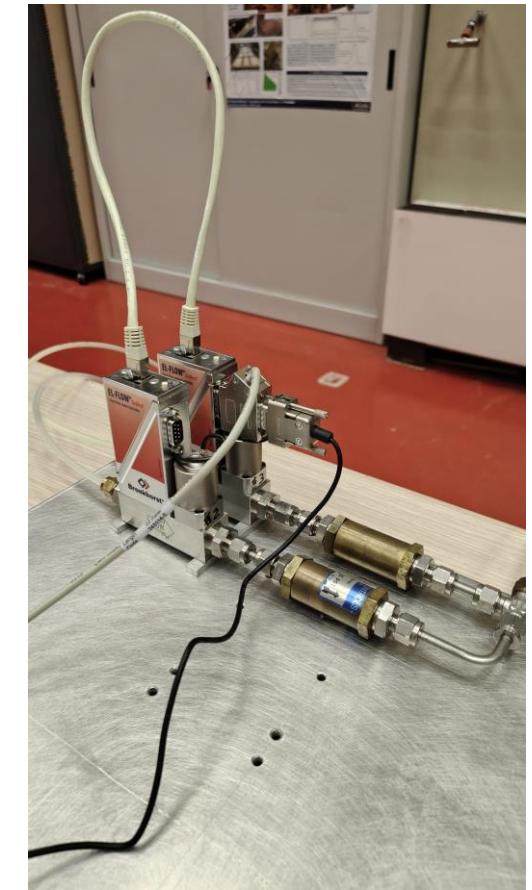
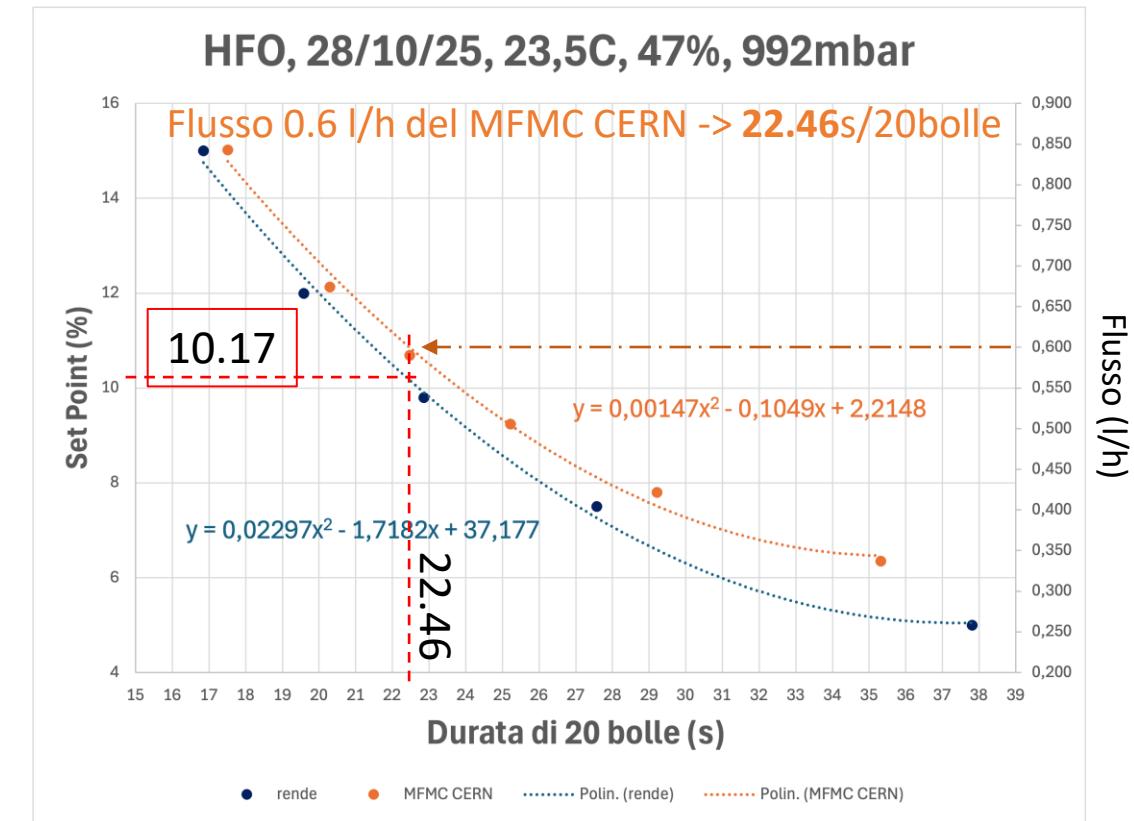
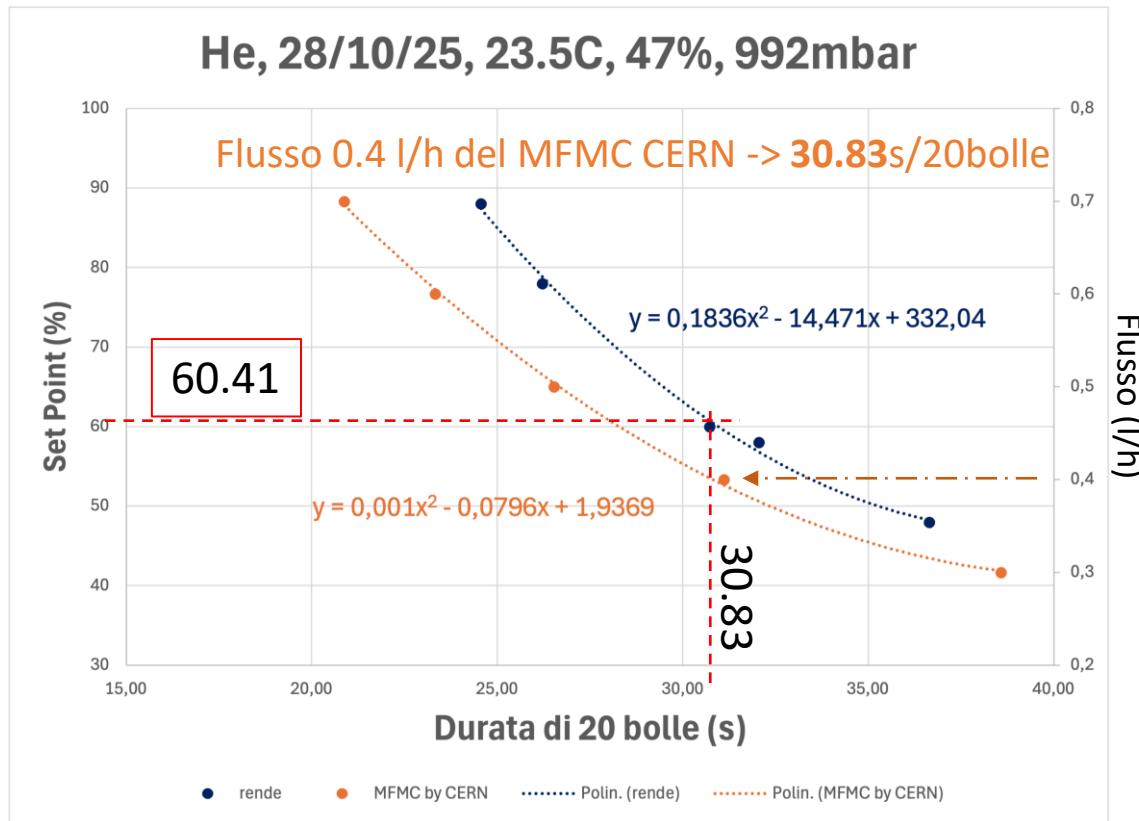


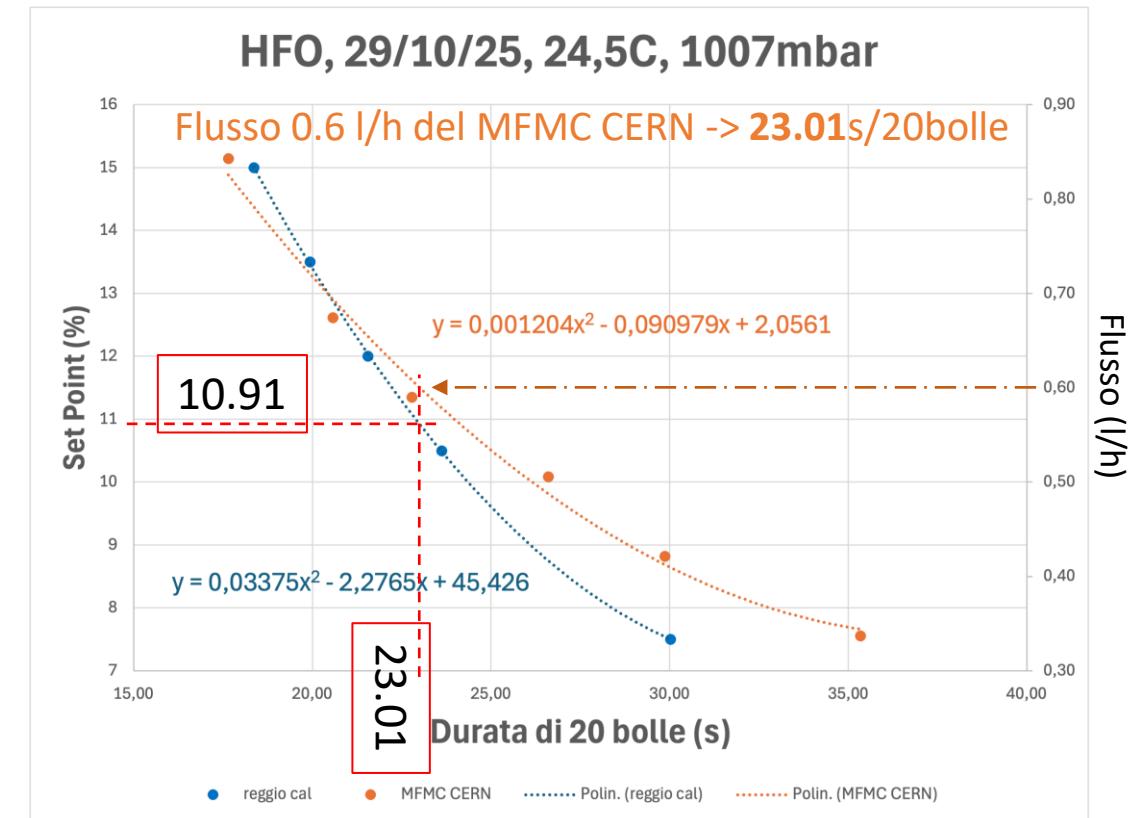
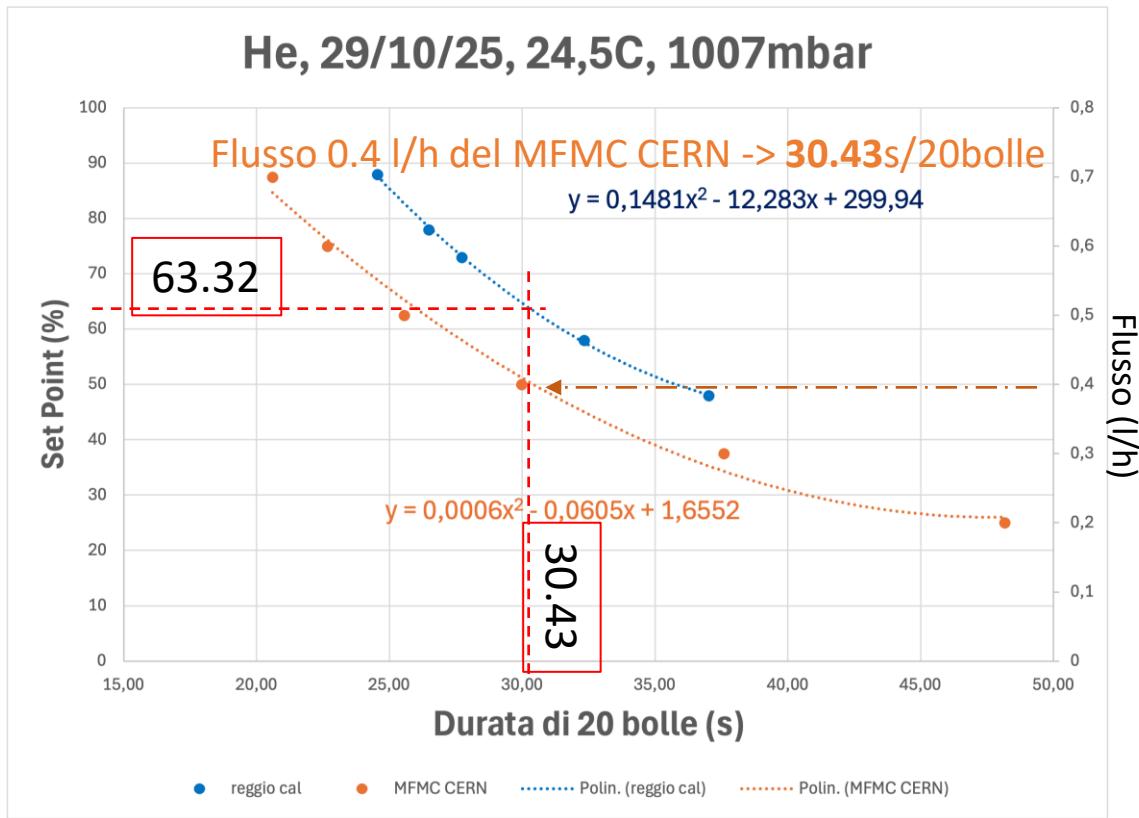
Foto del MFMC (Mass Flow Meter Controllers) di Cosenza

# Confronto mixer REND-01 con MFMC-CALIBRATI



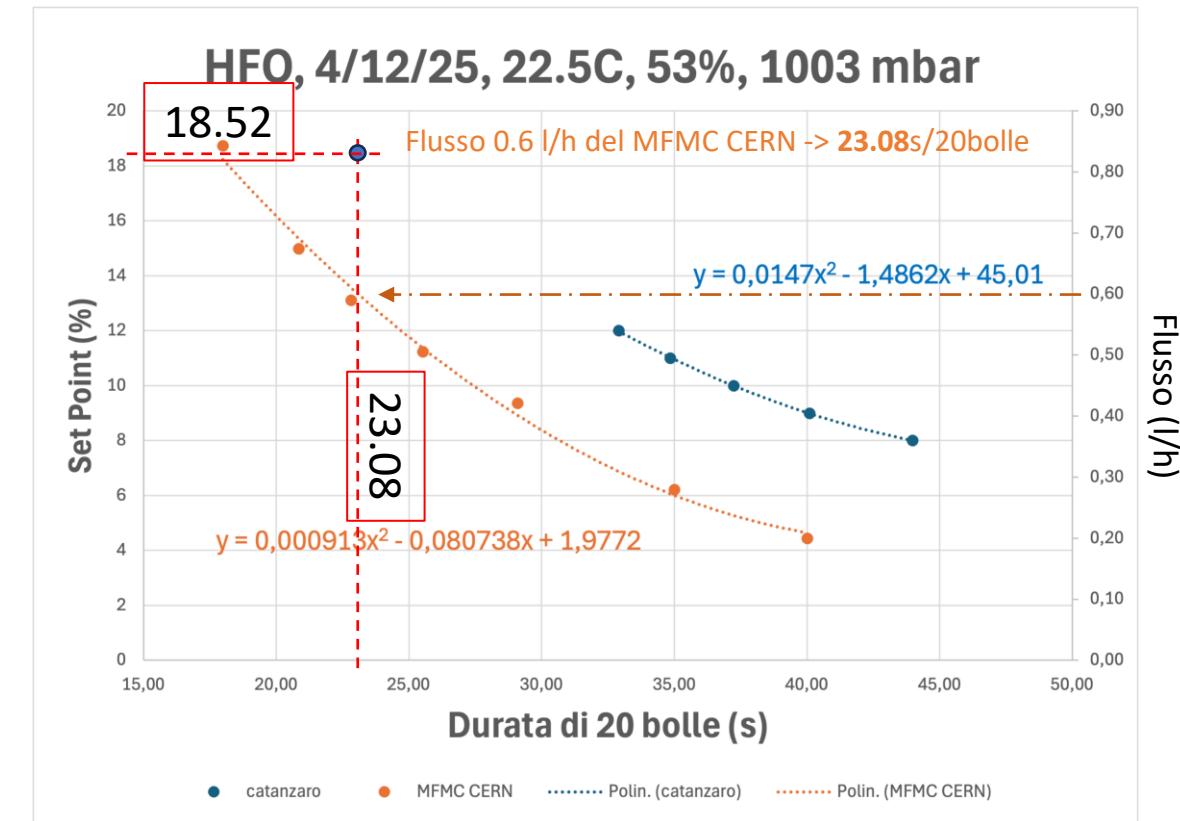
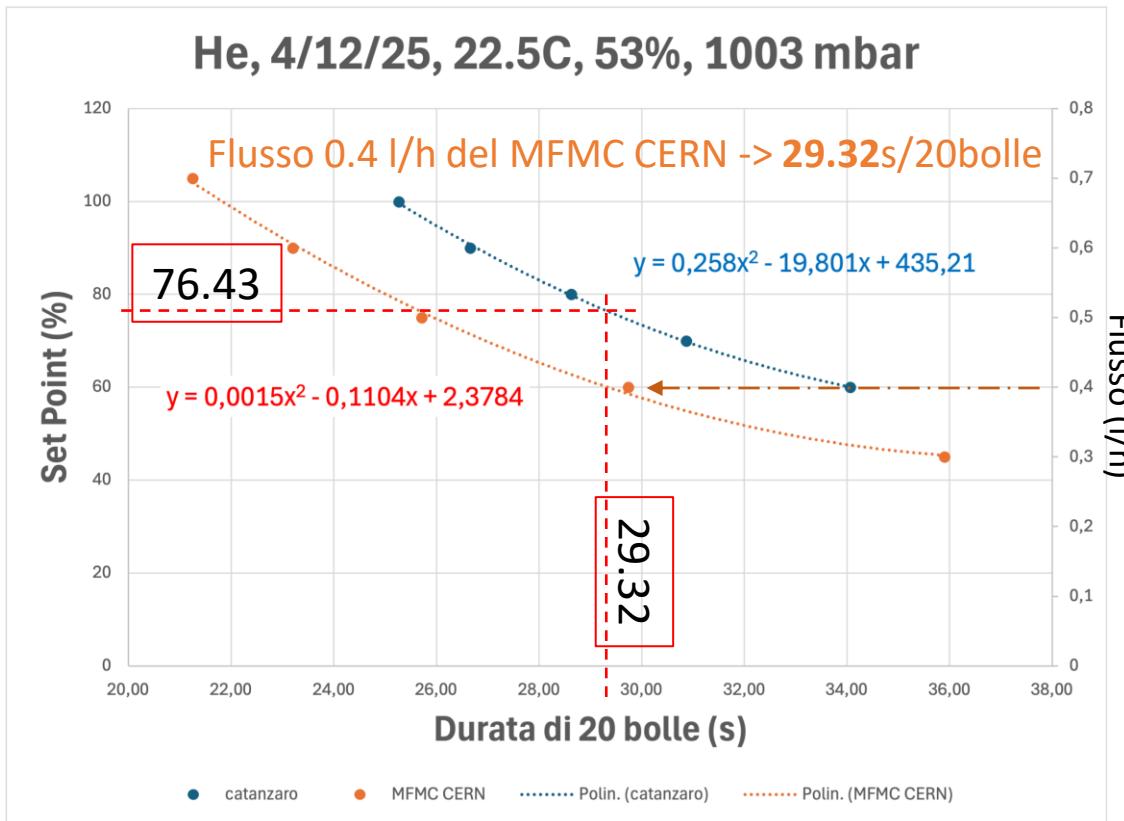
I dati sono adattati con un polinomio di grado 2. Il flusso impostato sul MFMC di TFE viene scalato del fattore 0.843. Il flussimetro calibrato He impostato al valore 0.4l/h fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 30.83s. Il flusso 0.6l/h di HFO fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 22.46s. Inserendo i valori della durata di 20 bolle nelle relative equazioni che adattano i dati sperimentali si ottengono i setpoint da impostare sul mixer REND-01: He:**60.41%** e HFO:**10.17%**.

# Confronto mixer RECA-01 con MFMC-CALIBRATI



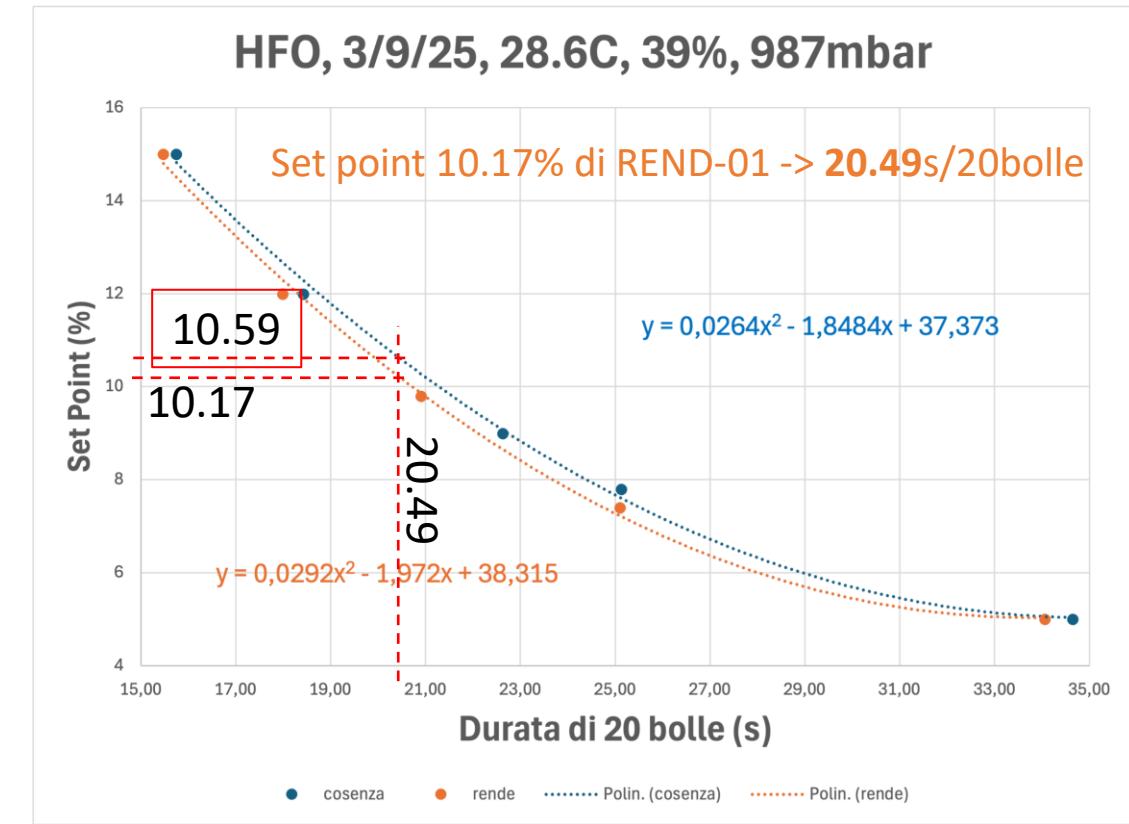
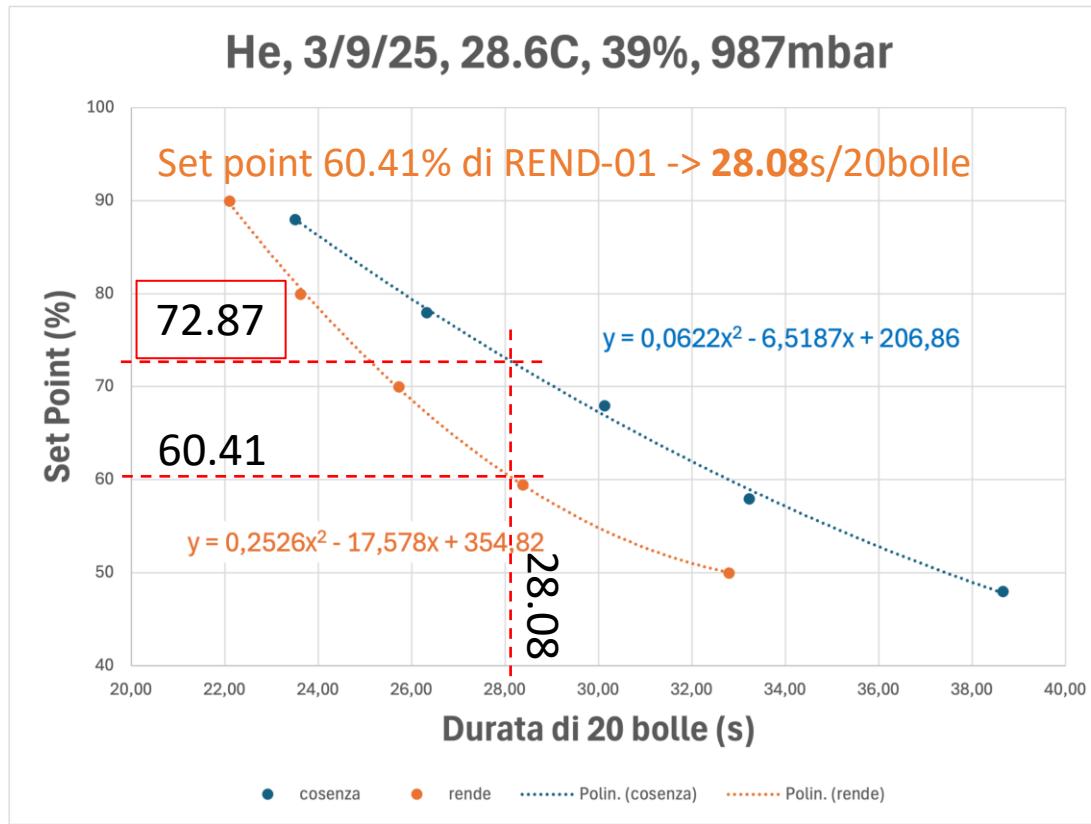
I dati sono adattati con un polinomio di grado 2. Il flusso impostato sul MFMC di TFE viene scalato del fattore 0.843. Il flussimetro calibrato He impostato al valore 0.4l/h fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 30.43s. Il flusso 0.6l/h di HFO fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 23.01s. Inserendo i valori della durata di 20 bolle nelle relative equazioni che adattano i dati sperimentali si ottengono i setpoint da impostare sul mixer RECA-01: He:**63.32%** e HFO:**10.91%**.

# Confronto mixer CATZ-01 con MFMC-CALIBRATI



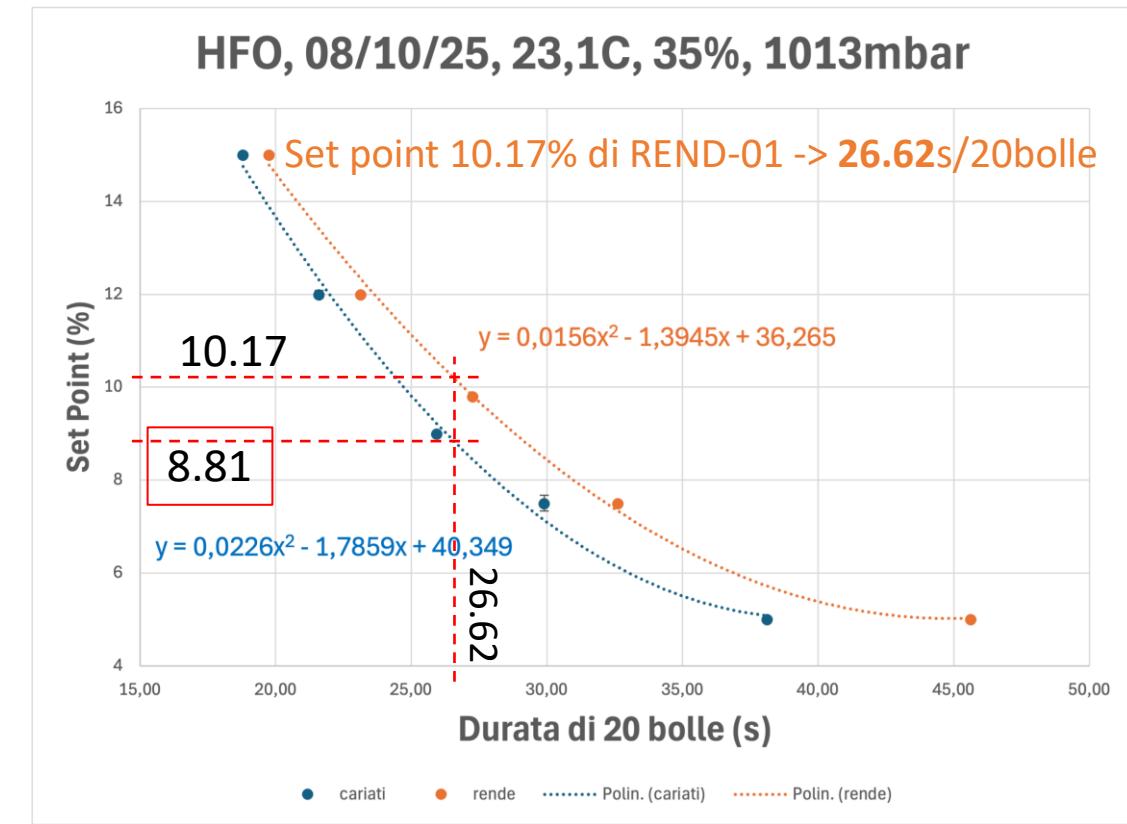
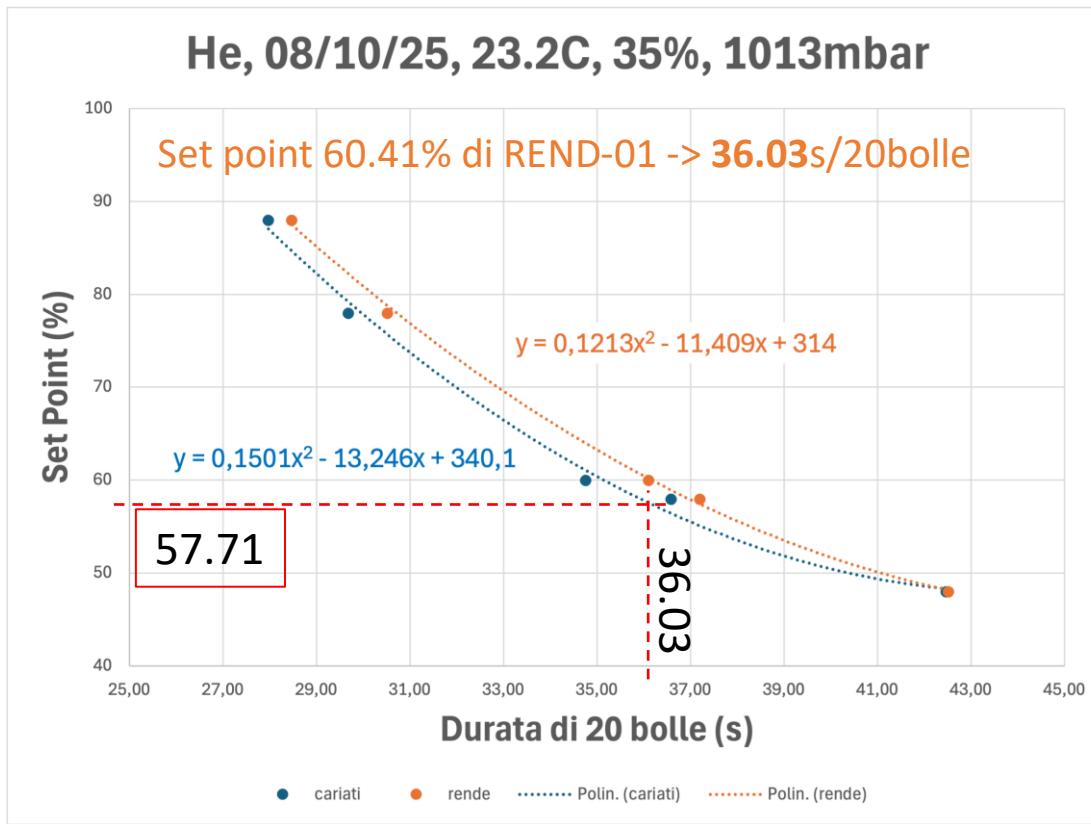
I dati sono adattati con un polinomio di grado 2. Il flusso impostato sul MFMC di TFE viene scalato del fattore 0.843. Il flussimetro calibrato He impostato al valore 0.4l/h fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 29.32s. Il flusso 0.6l/h di HFO fornisce per la durata media di 20 bolle il valore 23.08s. Inserendo i valori della durata di 20 bolle nelle relative equazioni che adattano i dati sperimentali si ottengono i setpoint da impostare sul mixer CATZ-01: He:**76.43%** e HFO:**18.52%**.

# Confronto mixer COSE-01 con REND-01



I dati sono adattati con un polinomio di grado 2. I valori calibrati del mixer REND-01 (slide 14) sono 60.41% per l'He e 10.17% per l'HFO ai quali corrispondono, rispettivamente, 28.08 s/20bolle e 20.49 s/20bolle. Inserendo questi ultimi dati nelle relative equazione che adattano i dati sperimentali si ottengono i setpoint da impostare sul mixer COSE-01: He: 72.87 % e HFO: 10.59 %.

# Confronto mixer CARI-01 con REND-01



I dati sono adattati con un polinomio di grado 2. I valori calibrati del mixer REND-01 (slide 14) sono 60.41% per l'He e 10.17% per l'HFO e ai quali corrispondono, rispettivamente, 36.03 s/20bolle e 26.62 s/20bolle. Inserendo questi ultimi dati nelle relative equazione che adattano i dati sperimentali si ottengono i setpoint da impostare sul mixer CARI-01: He:57.71 % e HFO: 10.17 %.

## Sintesi dei risultati

La miscela gassosa HFO:He nelle percentuali 60:40 è ottenuta tramite flussimetri elettronici (MFMC) calibrati per confronto con flussimetri digitali calibrati al CERN. Il setting point dei regolatori dei 5 telescopi calabresi sono riportati nella tabella seguente

	REND-01	COSE-01	CARI-01	RECA-01	CATZ-01
He (%)	<b>60.41</b>	<b>72.87</b>	<b>57.71</b>	<b>63.32</b>	<b>76.43</b>
HFO (%)	<b>10.17</b>	<b>8.37</b>	<b>6.66</b>	<b>10.91</b>	<b>18.52</b>
Durata 20 bolle HFO (s)	22.46	23.74	31.07	23.01	23.08
Durata 20 bolle He (s)	30.83	28.08	36.03	30.43	29.32
<b>DATA</b>	<b>28/10/25</b>	<b>03/09/25</b>	<b>08/10/25</b>	<b>29/10/25</b>	<b>04/12/25</b>
P (mbar)	992	987	1013	1007	1003
T ( C )	23.5	28.6	23.2	24.5	22.5

# IL TELESCOPIO REND-01 ex CARI-01

Il telescopio CARI-01 viene portato all'UNICAL il 21/03/2025 nel laboratorio Alte Energie dal prof. Marco Schioppa per essere studiato. Dopo alcuni giorni dal suo arrivo il telescopio è stato collegato alla linea di gas e dopo circa 2 settimane è stato acceso. Il telescopio funziona con un rate di tracce di circa 20Hz.

È questa una ulteriore prova che la pressione atmosferica gioca un ruolo non trascurabile sulle performance del telescopio. Quando il telescopio REND-01 era a Rende ed era collegato ad un mixer che forniva la miscela HFO:He (60:40), ed era alimentato alla tensione di 18500V, l'efficienza di singola camera era di circa 85%. Lo stesso telescopio trasferito a Cariati, collegato ad un mixer che fornisce la stessa miscela e alimentato alla stessa tensione, a causa della pressione atmosferica, ha un'efficienza di singola camera inferiore al 60%. Se poi aggiungiamo che il mixer di Cariati fornisce una miscela HFO:He (61:49) quando il set point dei due MFMC sono impostati agli stessi valori di Rende, questo aggiunge un ulteriore non trascurabile fattore di inefficienza.

# CONCLUSIONI

- Il trasferimento del telescopio REND-01 a Cariati ci ha spinti ad indagare il motivo della perdita progressiva e veloce di efficienza del telescopio subito dopo la sua accensione. Sapevamo che il telescopio funzionava bene nel laboratorio del dip. di Fisica a Rende e che l'unico componente del telescopio che non è stato trasferito era il mixer.
- Abbiamo escogitato un modo semplice e veloce di verificare la miscela gassosa. Siamo partiti dal fatto che il mixer in funzione presso il dip. di Fisica dell'UNICAL funziona discretamente, ossia i telescopi ad esso collegati funzionano con un rate ragionevole.
- Abbiamo iniziato usando il mixer di Rende e un bubbolatore per regolare il flusso dei singoli componenti della miscela dei telescopi COSE-01 e CARI-01. Successivamente abbiamo utilizzato due flussimetri digitali calibrati al CERN per regolare i flussi dei componenti della miscela di REND-01, RECA-01 e CATZ-01.
- Fissare lo stesso valore del setpoint sui mixer conduce a miscele molto diverse.
- La procedura è descritta in dettaglio nelle backup-slide.

Grazie per  
l'attenzione!!

# OSSERVAZIONI PRELIMINARI

- Il confronto del flusso fornito da un MFMC con un altro, misurando, nello stesso luogo e a distanza di un'ora l'una dall'altra, la durata di N bolle nello stesso bubolatore, elimina tutti gli errori sistematici come pressione, temperatura e calibrazione
- L'incertezza  $s_f$  sulla frequenza di bolle  $f$  e'

$$s_f = (s_t / t) \cdot \sqrt{N_{\text{bolle}}}$$

essendo  $s_t$  l'errore statistico sulla misura del tempo  $t$  necessario per avere  $N_{\text{bolle}}$ .

Moltiplicando e dividendo per  $\sqrt{N_{\text{bolle}}}$  si ottiene

$$s_f = s_t \cdot f / \sqrt{N_{\text{bolle}}}$$

- Il valore di  $s_t$  dipende dal tempo di reazione dell'operatore, cioè dalla sua abilità di far partire il cronometro quando si manifesta la prima bolla e arrestarlo quando arriva la bolla N. Per stimare questa incertezza e' sufficiente ripetere la misura almeno 10 volte, registrare i tempi e prendere la deviazione standard. Un operatore attento e ben allenato raggiunge facilmente 0.1s

# OSSERVAZIONI PRELIMINARI

- Poiché i flussi sono modesti e' necessario attendere abbastanza tempo prima di iniziare la misura di  $t_{\text{bolle}}$  per uno dei due componenti. Infatti, se nel tubo che collega l'uscita del mixer al bubolatore c'è il gas Y (la miscela o l'altro gas oppure aria) si deve aspettare che questo gas esca completamente. Ad esempio un metro di tubo 6/4 contiene circa 13cc di gas a pressione atmosferica; 1 bolla corrisponde a circa 0.3cc perciò servono  $13/0.3=43$ s/metro-di-tubo per un cambio completo di volume; il tempo di attesa dipende dalla lunghezza del tubo; abbiamo scelto di aspettare almeno 5 cambi di volume per metro di tubo
- Si ripete la misura per diversi valori di flusso e si riportano i valori in un grafico
- La misura completa dura circa 2 ore. In questo lasso di tempo ne la pressione atmosferica ne la temperatura del gas cambiano in modo significativo

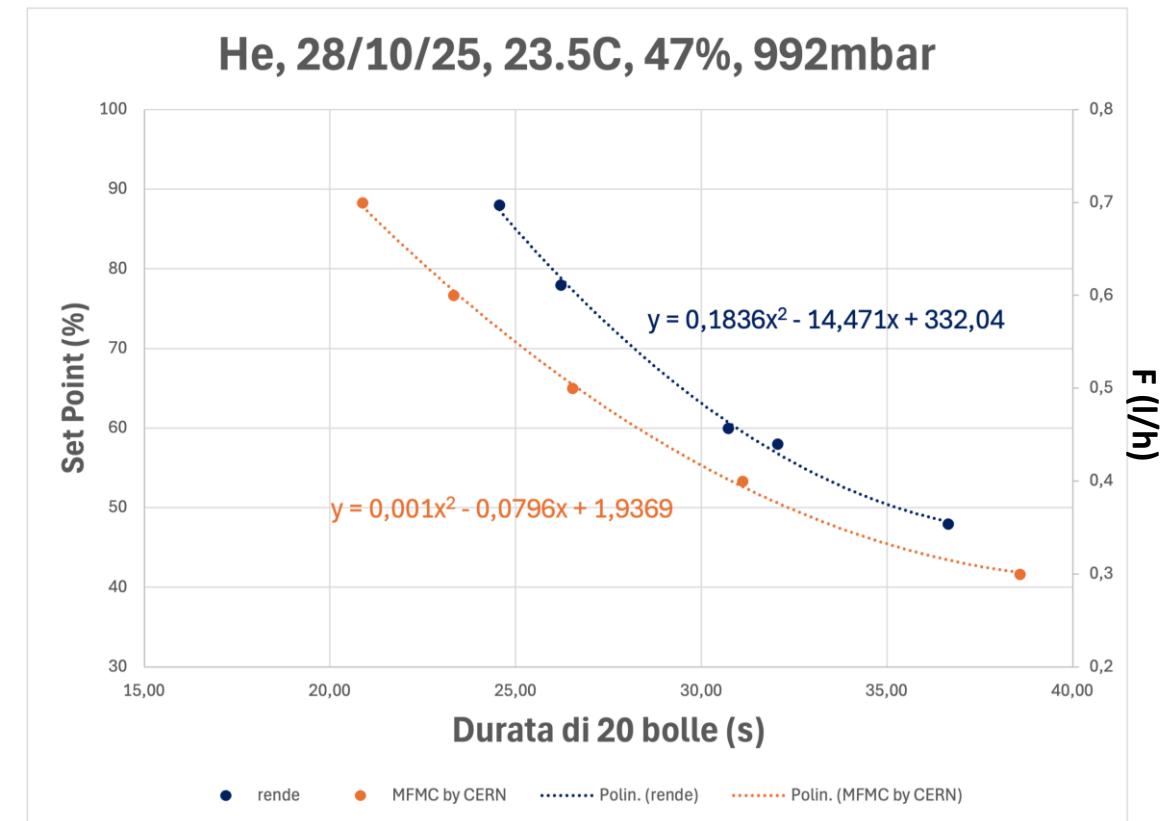
# LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO

- Si chiude un canale (He o HFO) del mixer e si aspetta un tempo sufficiente affinché nel tubo che va dal mixer al bubolatore ci sia solo il gas scelto
- Si fissa un valore di flusso sul mixer per il canale del gas in misura:  $F_G$
- Si misura il tempo necessario alla formazione di N bolle:  $t_N$
- Si ripete la misura (ad esempio) 5 volte e si calcola la media  $\langle t_N \rangle$  e la deviazione standard
- Si varia il flusso sul mixer; si attende un po' di tempo (1-2 minuti) per stabilizzare il nuovo flusso e si ripete la misura



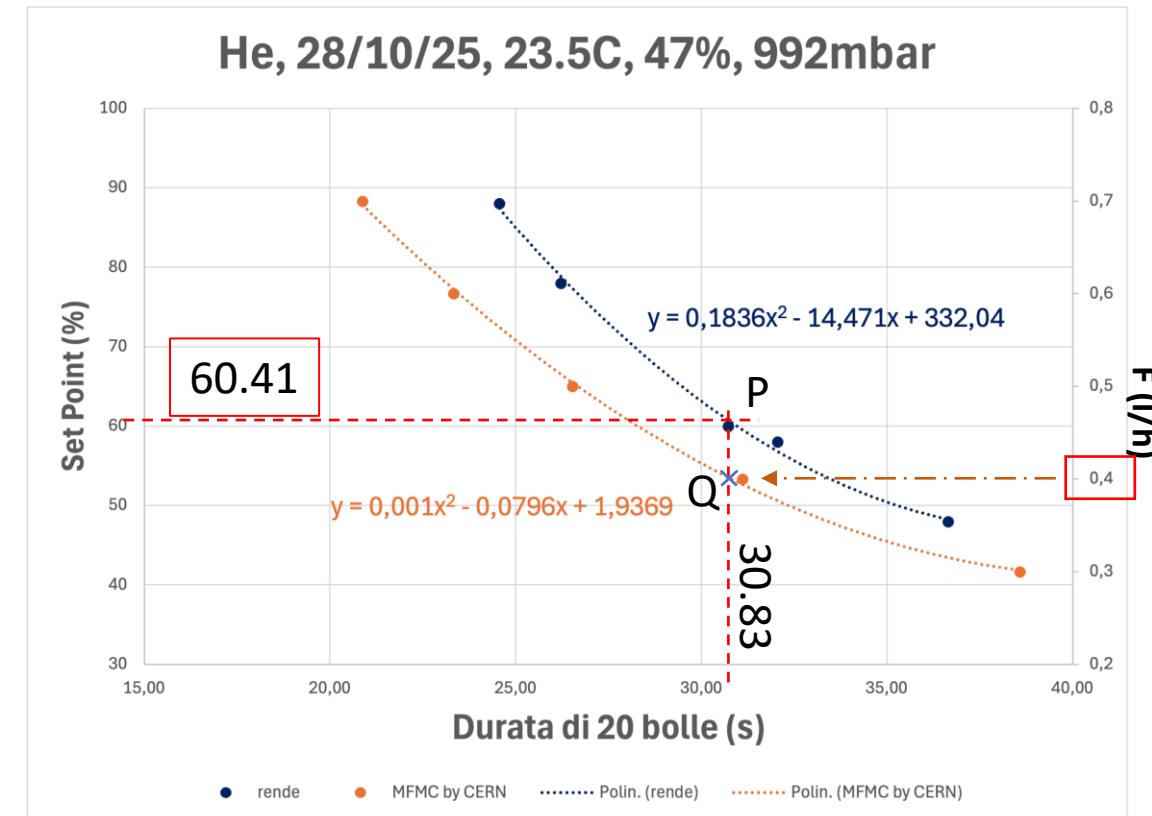
# LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO

- Si effettuano in successione la misura con il mixer X e subito dopo la misura con i MFMC calibrati He e TFE
- Si riportano i dati su un foglio excel e si costruisce il grafico del setpoint sul mixer (l/h sul MFMC) in funzione della durata di 20 bolle per ciascun gas. Riportando le misure eseguite con il mixer X e quello con i MFMC calibrati sullo stesso grafico il confronto tra i due mixer e' immediato.
- Per ottenere il flusso di HFO e' necessario moltiplicare quello del TFE per il coefficiente di correzione 0.843 (Abbrescia 2021)



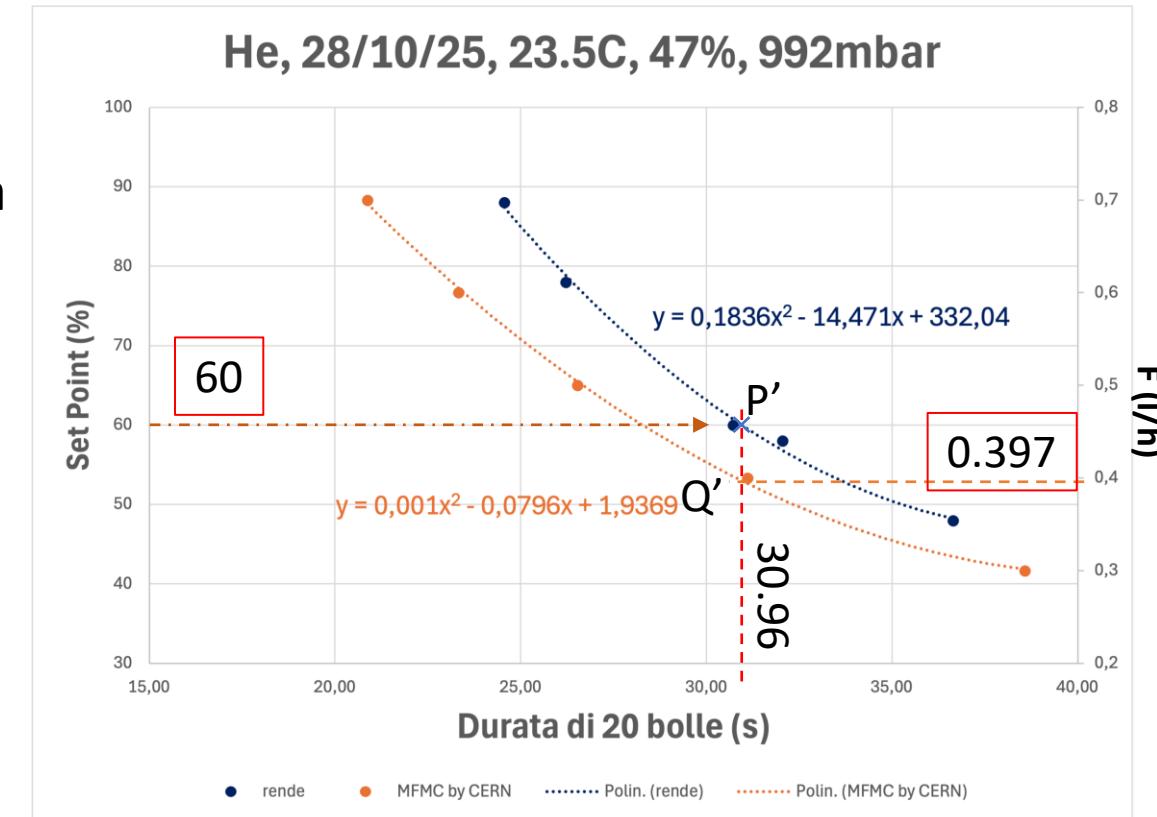
# LA PROCEDURA IN DETTAGLIO: dal flusso di He al set point

- Si esegue un fit dei dati raccolti con un polinomio di II grado.
- Si traccia una retta orizzontale passante per il flusso F del gas He (0.4l/h in questo esempio).
- Si calcola il punto di intersezione Q con la parabola arancione (quella relativa ai MFMC calibrati).
- Ora si traccia una retta verticale passante per il punto Q e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del mixer del telescopio in questione (Rende in questo esempio).
- Il valore dell'ordinata del punto P e' il set point del flussimetro elettronico per il gas He cui corrisponde il flusso F.



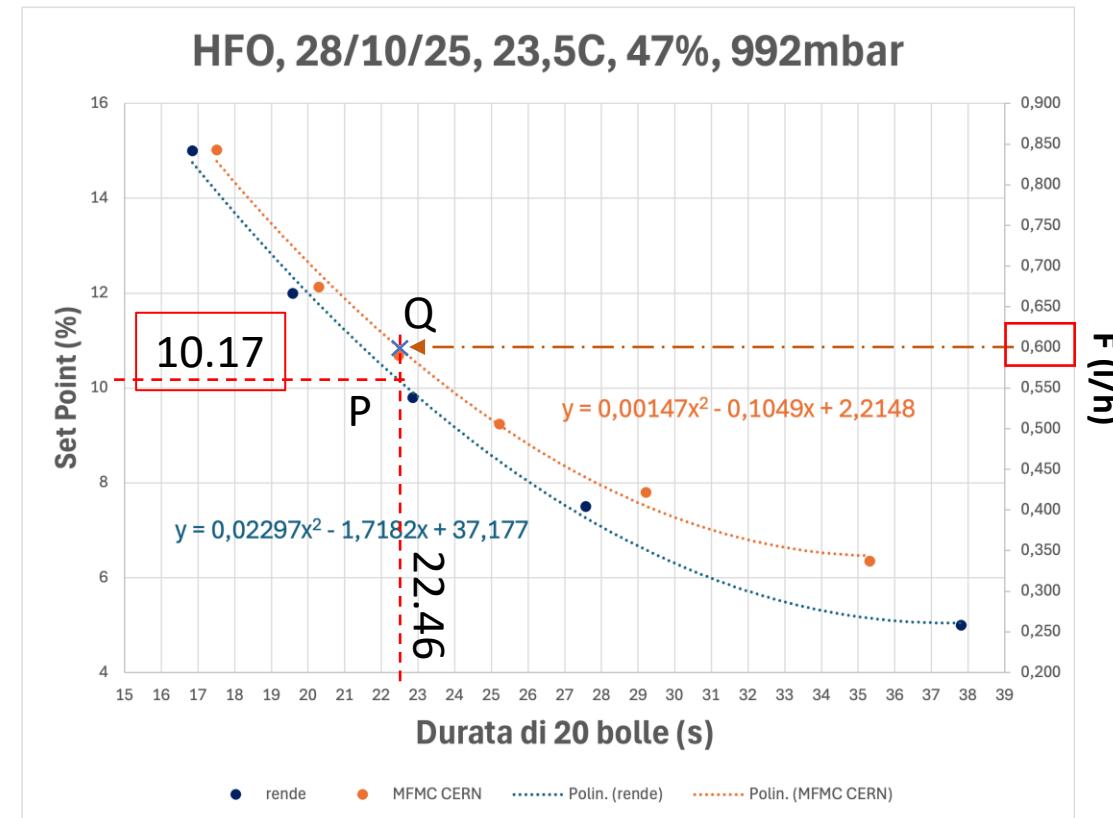
# LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO: dal set point al flusso di He

- Si traccia una retta orizzontale passante per il flusso SP del gas He (60% in questo esempio).
- Si calcola il punto di intersezione P' con la parabola blu (quella relativa al flussimetro del telescopio).
- Ora si traccia una retta verticale passante per il punto P' e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del MFMC calibrato dell'He.
- Il valore dell'ordinata del punto Q' e' il flusso in l/h per il gas He.



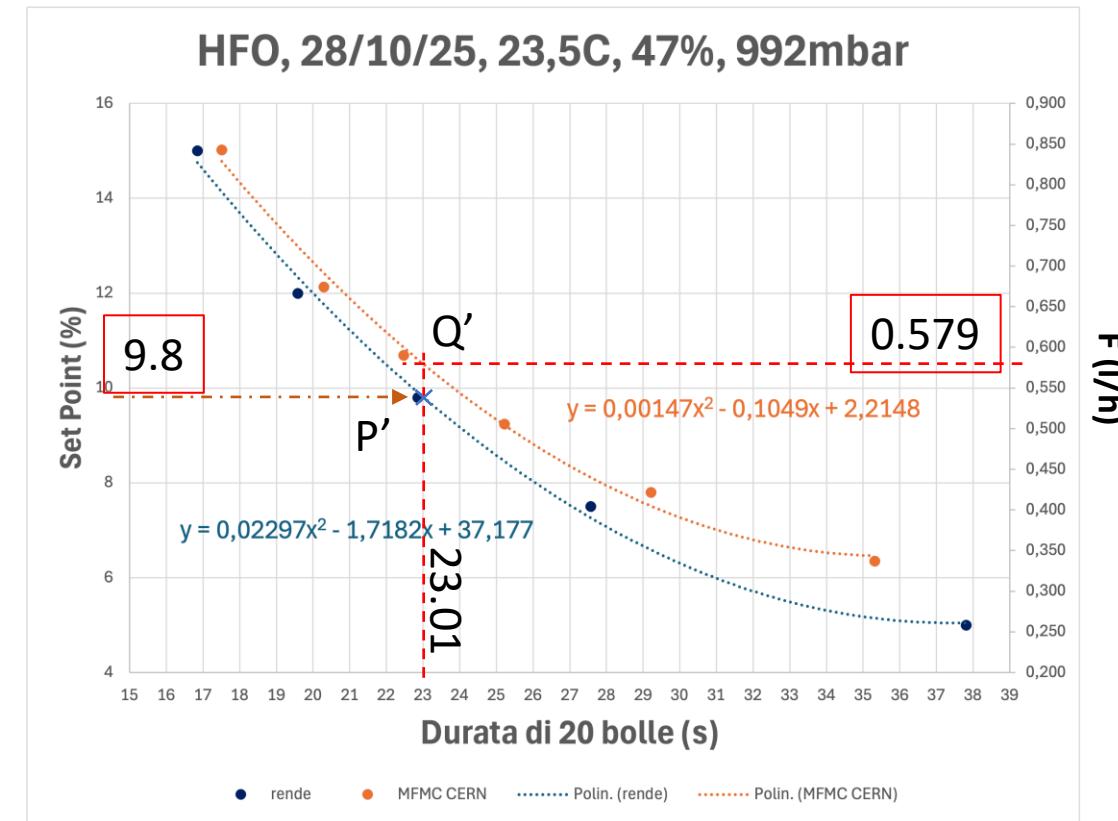
# LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO: dal flusso di HFO al set point

- Si traccia una retta orizzontale passante per il flusso F del gas HFO (0.6l/h in questo esempio).
- Si calcola il punto di intersezione Q con la parabola arancione (quella relativa al MFMC calibrato del TFE).
- Si traccia una retta verticale passante per il punto Q e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del mixer del telescopio in questione (Rende in questo esempio).
- Il valore dell'ordinata del punto P e' il set point del flussimetro elettronico per il gas HFO cui corrisponde il flusso F.



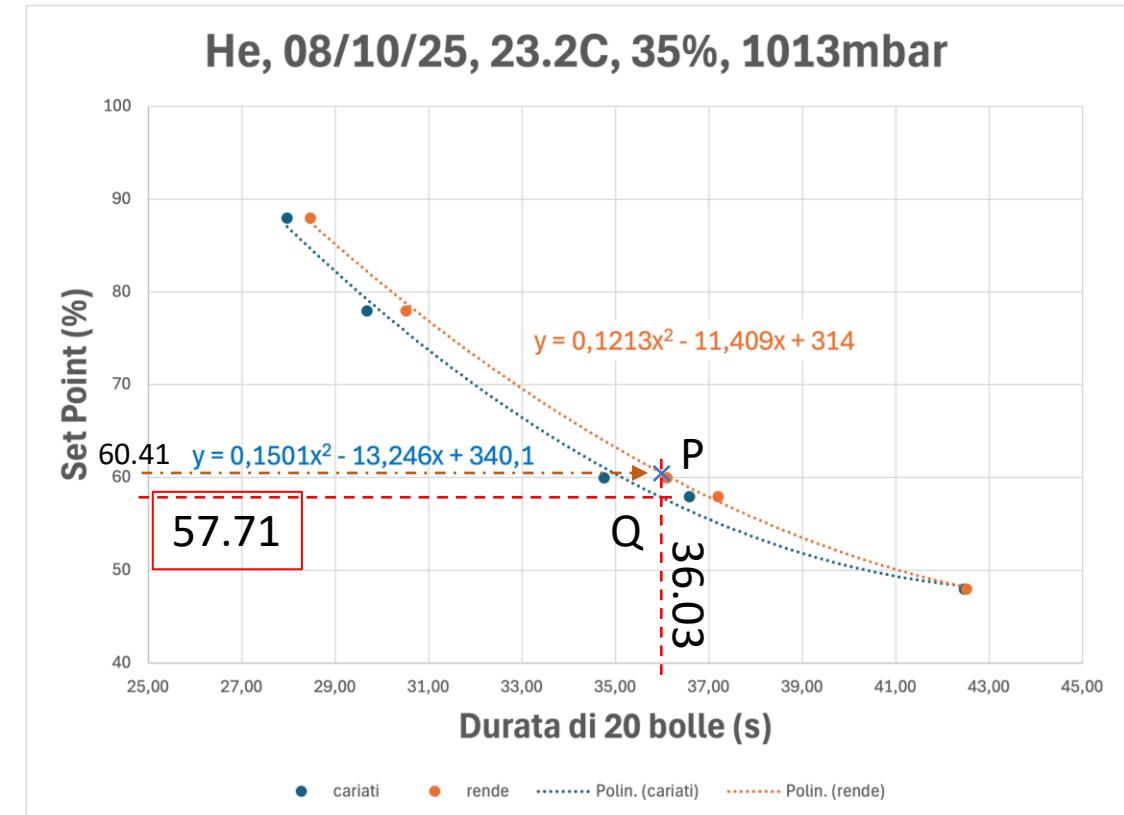
# LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO: dal set point al flusso di HFO

- Si traccia una retta orizzontale passante per il SP del gas HFO (9.8% in questo esempio).
- Si calcola il punto di intersezione P' con la parabola blu (quella relativa al flussimetro del telescopio).
- Ora si traccia una retta verticale passante per il punto P' e si calcola il punto di intersezione Q' con l'altra parabola, quella del MFMC calibrato dell'HFO.
- Il valore dell'ordinata del punto Q' e' il flusso in l/h per il gas He.



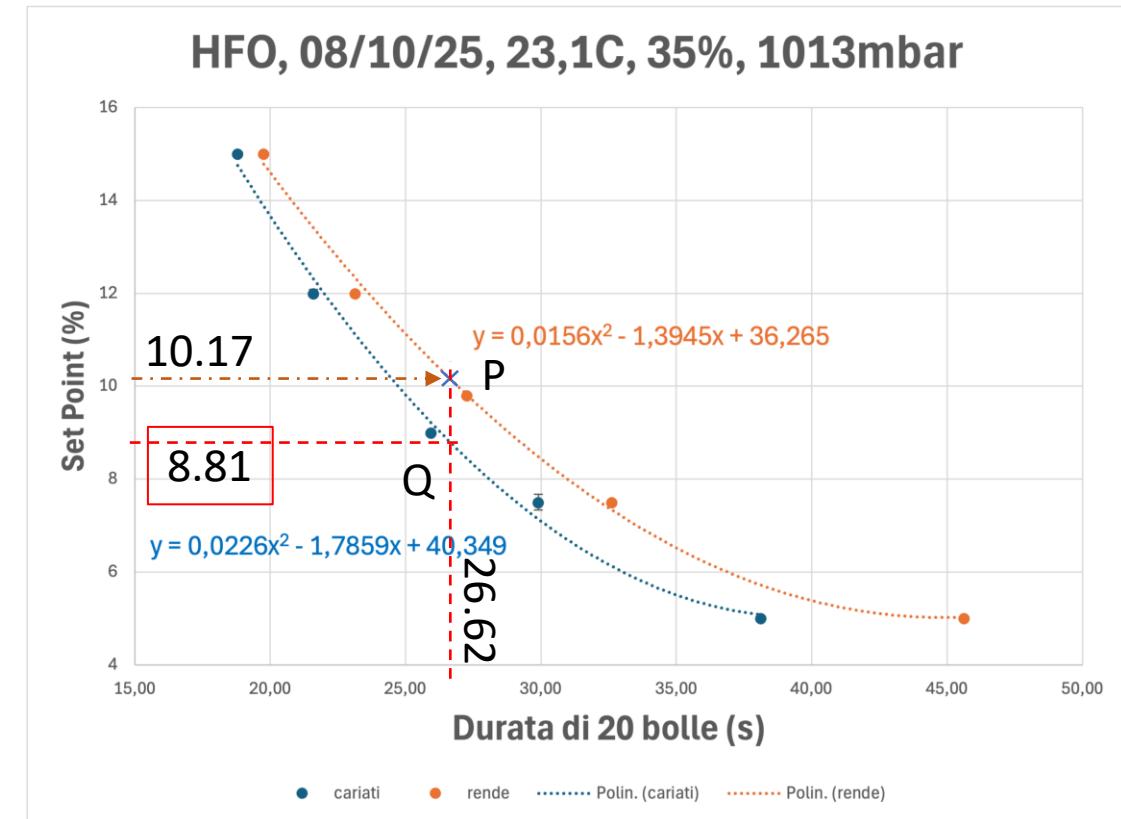
# LA PROCEDURA IN DETTAGLIO: il confronto tra il mixer di Rende e quello X (esempio dell'He)

- Si traccia una retta orizzontale passante per il SP del gas He sul mixer di Rende cui corrisponde il flusso 0.4l/h (in questo caso 60.41%).
- Si calcola il punto di intersezione P con la parabola arancione (quella relativa al gas He del mixer di Rende).
- Si traccia una retta verticale passante per il punto P e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del gas He del mixer X (Cariati in questo esempio).
- Il valore dell'ordinata del punto Q e' il SP del gas He sul mixer X.



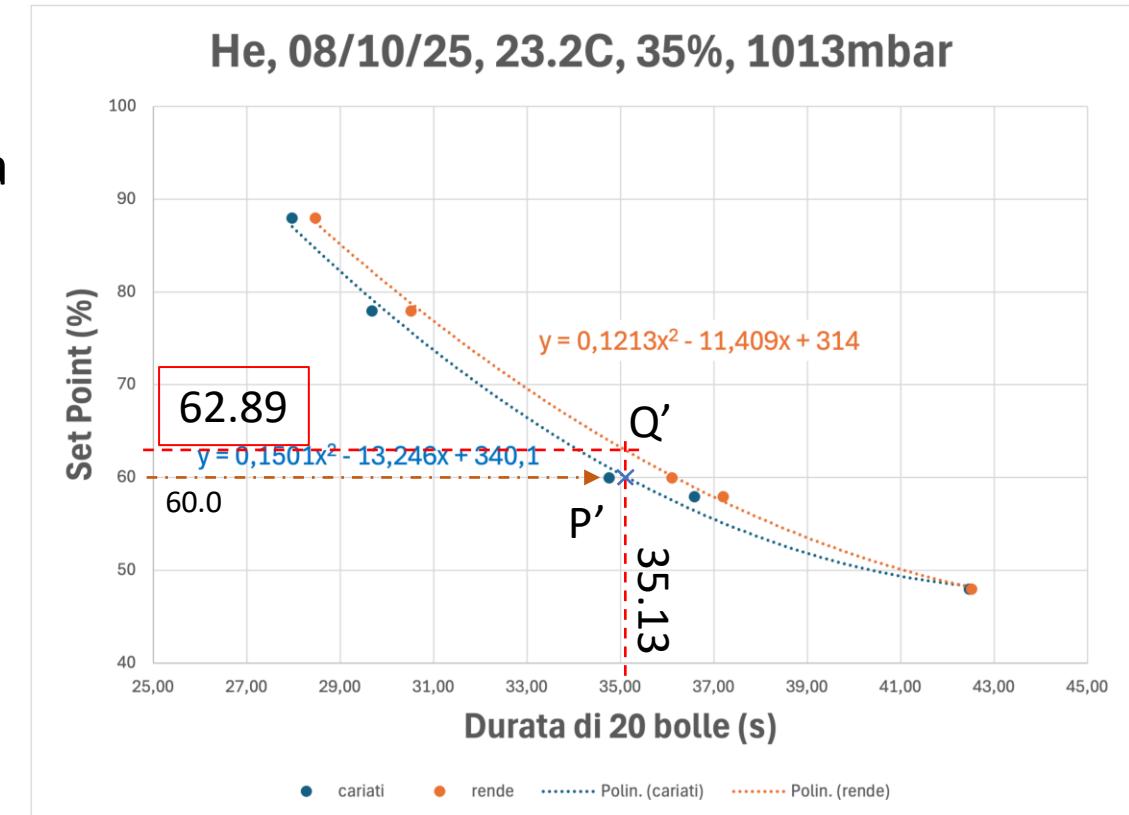
# LA PROCEDURA IN DETTAGLIO: il confronto tra il mixer di Rende e quello X (esempio dell'HFO)

- Si traccia una retta orizzontale passante per il SP del gas HFO sul mixer di Rende cui corrisponde il flusso 0.6l/h (in questo caso 10.17%).
- Si calcola il punto di intersezione P con la parabola arancione (quella relativa al gas HFO del mixer di Rende).
- Si traccia una retta verticale passante per il punto P e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del gas He del mixer X (Cariati in questo esempio).
- Il valore dell'ordinata del punto Q e' il SP del gas HFO sul mixer X.



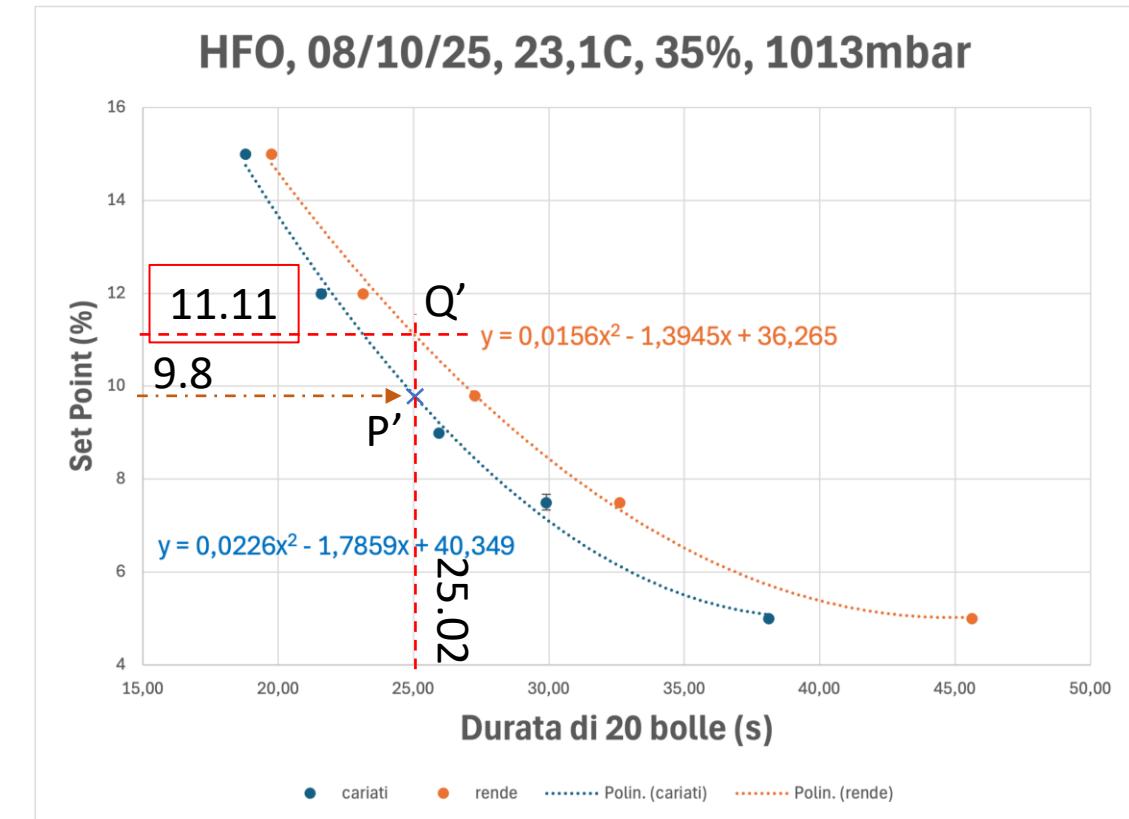
# LA PROCEDURA IN DETTAGLIO: il confronto tra il mixer X e quello di Rende (esempio dell'He)

- Si traccia una retta orizzontale passante per il SP del gas He sul mixer X (in questo caso 60%).
- Si calcola il punto di intersezione P' con la parabola blu (quella relativa al gas He del mixer di Cariati).
- Si traccia una retta verticale passante per il punto P' e si calcola il punto di intersezione con l'altra parabola, quella del gas He del mixer di Rende.
- Il valore dell'ordinata del punto Q' e' il SP del gas He sul mixer X.
- Per ottenere il flusso di He e' necessario interrogare la calibrazione del mixer di Rende:  
62.89% -> 0.416l/h



# LA PROCEDURA IN DETTAGLIO: il confronto tra il mixer X e quello di Rende (esempio dell'HFO)

- Si traccia una retta orizzontale passante per il SP del gas HFO sul mixer X (in questo caso 9.8%).
- Si calcola il punto di intersezione P' con la parabola blu (quella relativa al gas HFO del mixer di Cariati).
- Si traccia una retta verticale passante per il punto P' e si calcola il punto di intersezione Q' con l'altra parabola, quella del gas HFO del mixer di Rende.
- Il valore dell'ordinata del punto Q' e' il SP del gas HFO sul mixer X.
- Per ottenere il flusso di HFO e' necessario interrogare la calibrazione del mixer di Rende:  
11.11% -> 0.6534l/h



## LA PREOCEDURA IN DETTAGLIO

I valori scelti dopo le campagne di misura effettuate con il telescopio REND-01 nel 2021 e con i quali il telescopio ha funzionato sino al suo trasferimento a Cariati, sono stati HFO:9.8% e He:60%

Con questi valori i mixer dei telescopi calabresi formano le seguenti miscele

Telescopio	HFO	He	(%) HFO	(%) He
Rende	9.8	60	59.3	40.7
Cosenza	9.8	60	62.7	37.3
Cariati	9.8	60	61.1	38.9
Catanzaro	9.8	60	42.2	57.8
Reggio Calabria	9.8	60	59.1	40.9

Le miscele sono molto simili ad eccezione di Catanzaro dove i valori sembrano invertiti

# Come pesare la bombola di HFO senza infrangere le misure di sicurezza in termini di sollevamento pesi

