

Cuneo, 27 Ottobre 2025.

Spettabile Società Prometheus Spa

Via e-mail alla c.a. di

Fabrizio Petrucci

Amministratore delegato

fabrizio@groundcontrolholding.com

OGGETTO: contratto di ricerca commissionata del 1° agosto 2025 – consegna elaborato. Spettabile

Società,

all'esito delle attività affidatemi da Codesta Spettabile Società con il contratto di cui all'oggetto, con la presente sono a rendere l'elaborato con il quale concludo le prestazioni a me assegnate e che qui di seguito descrivo per semplicità di consultazione.

Nell'ambito delle attività di cui all'art. 1.1 del ridetto contratto, è emersa l'esigenza di effettuare, non solo una ricognizione dei risultati dei test effettuati presso AVL Italia Srl, ma anche una serie di nuovi test che si concentrassero sulla misura di comparazione con una resistenza standard anche per potenze di innesco e frequenze di impulso diverse da quelle effettuate da AVL Italia, al fine di verificare che le performance registrate da AVL Italia Srl venissero confermate anche in un più ampio range di variabili.

A questo scopo, ho suggerito e concordato con il vostro CTO, Ing. Carlo Miglietta, una serie di test che si sono tenuti durante il mese di settembre 2025, nel laboratorio di Prometheus presso Kilometro Rosso.

Quanto segue descrive le attività compiute, il dispositivo utilizzato, i risultati dei test e le mie considerazioni al riguardo.

Il presente documento è sottoscritto anche dall'Ing. Carlo Miglietta in quanto committente del rapporto ed esecutore, con la sua squadra di laboratorio, dei test qui descritti.

1- Descrizione del dispositivo

Il dispositivo è costituito dalla sovrapposizione verticale di tre camere: inferiore, centrale, superiore. Queste sono comunicanti fra loro determinando al loro interno una cavità cilindrica dove è presente un definito volume di soluzione salina in acqua distillata:

- la camera inferiore denominata camera attiva ospita gli elettrodi (attraverso i quali vengono iniettati nella soluzione impulsi di energia, sotto forma di scariche elettriche) ai quali sono rispettivamente collegate due sonde per la misura della tensione e della corrente; un oblò consente l'ispezione visiva della camera durante il funzionamento;
- la camera centrale destinata ad ospitare i sensori di temperatura e pressione;
- la camera superiore destinata alla raccolta dei prodotti aeriformi dove è collocato un sensore di pressione. In figura 1 viene rappresentato lo schema dimensionale delle tre camere geometricamente identiche. In figura 2 sono evidenziate le sonde.

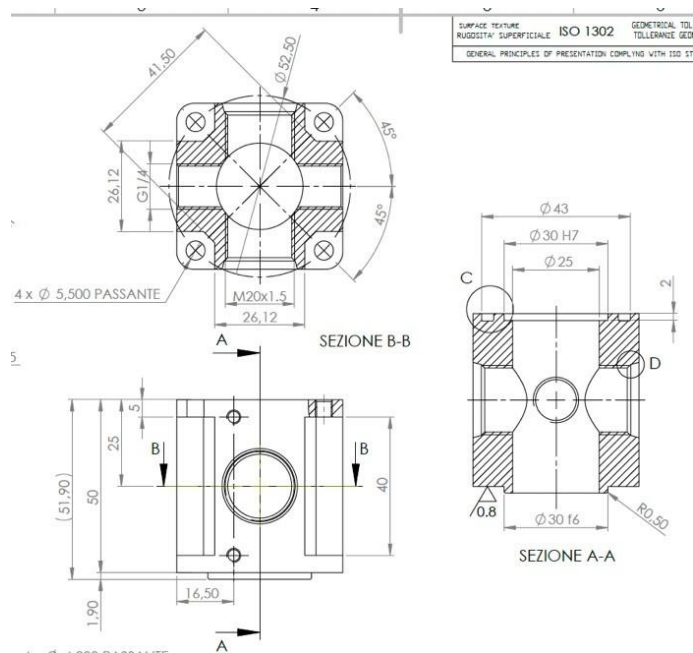


Figura 1

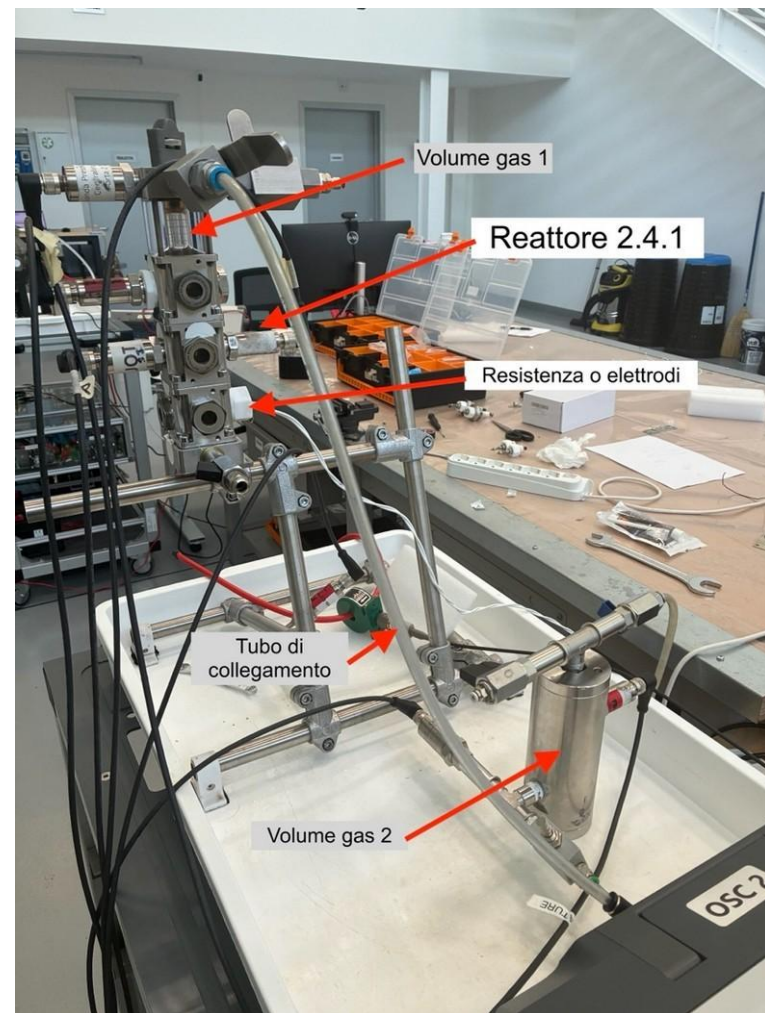


Figura 2

Nella foto è rappresentato il reattore nella sua modularità con tre corpi sovrapposti sormontati dal corpo trasparente di raccolta gas.

Schema funzionale del dispositivo

Dettagli disponibili previa sottoscrizione di accordo di riservatezza (NDA) – brevetto in corso di deposito

Attraverso la console di comando vengono impostate le regolazioni delle prove e viene mantenuto il controllo sulla fornitura di energia alla camera attiva, della quale vengono misurati e registrati tutti i parametri operativi e l'andamento delle temperature e della pressione.

Sono elementi caratterizzanti una serie di prove:

- la composizione della soluzione dentro la camera attiva -
il materiale e la geometria degli elettrodi.

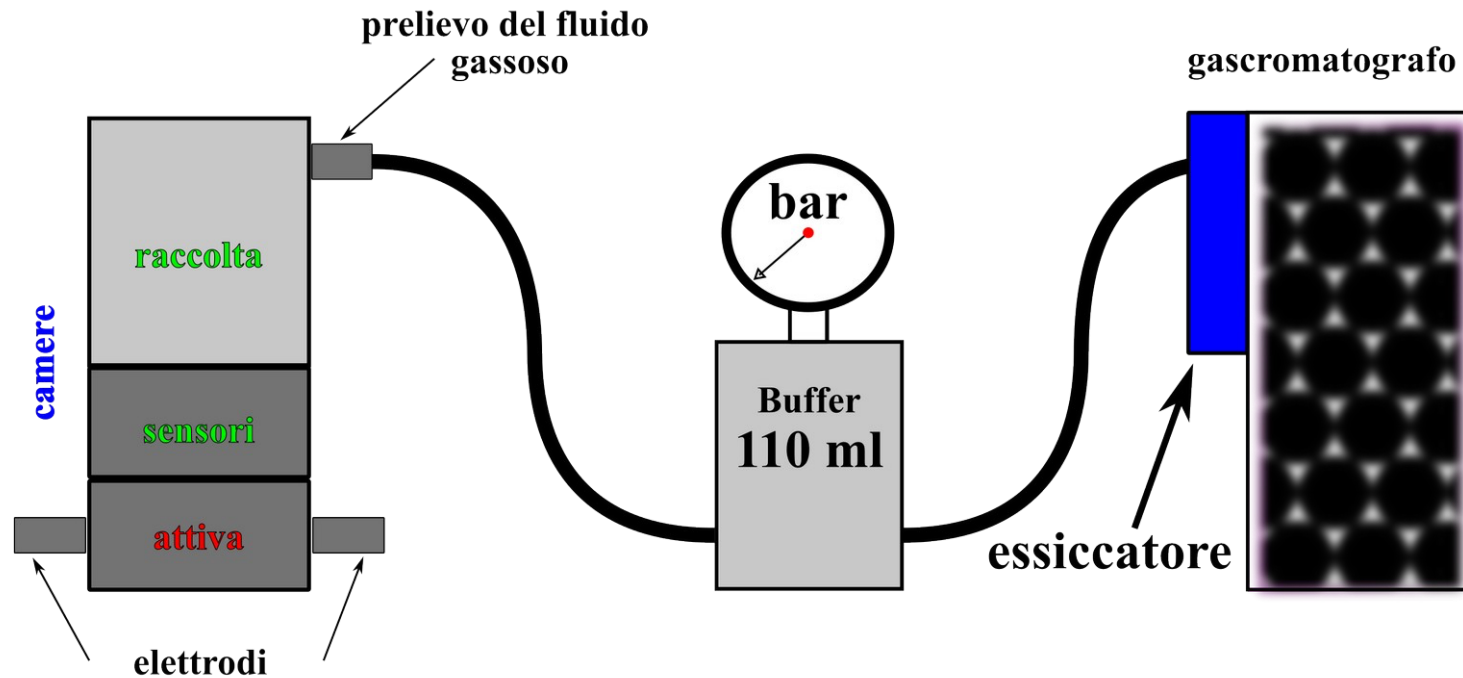
Sono considerati elementi di regolazione della singola prova la potenza e gli andamenti temporali della sollecitazione elettrica impulsiva immessa per ottenere la scarica che è descritta dal livello di tensione, dalla quantità di energia immagazzinata in ciascun impulso e dalla frequenza di generazione degli impulsi, grandezza che esprime il numero di shot somministrati ogni secondo.

La sollecitazione per indurre la scarica consiste in impulsi di tensione (shot) qui esemplificati nel grafico seguente.

Dettagli disponibili previa sottoscrizione di accordo di riservatezza (NDA) – brevetto in corso di deposito

La miscela aeriforme prelevata dopo la scarica, attraverso un apposito punto di prelievo, è avviata ad un volume di stoccaggio (buffer) da 100 ml che alimenta il gascromatografo per misurare la composizione della miscela, previa separazione del vapore acqueo.

Schema del dispositivo per la misura della pressione e composizione della frazione aeriforme Figura 3



2- Descrizione delle prove eseguite

I criteri base adottati nella definizione delle prove eseguite in questa fase sono stati:

1. Adottare come grandezze significative dei risultati ottenuti le seguenti:
 - la temperatura massima raggiunta in ciascuna prova dal liquido contenuto nella camera attiva denominata temperatura di equilibrio per i motivi esposti nel seguito
 - la pressione massima raggiunta nella camera attiva
 - la quantità di idrogeno raccolta con opportuna procedura durante la prova
2. Eseguire prove che portino a condizioni di equilibrio termico del dispositivo per conseguire valori meglio definiti e meglio misurabili delle grandezze in esame. A questo scopo sono state misurate le curve dell'andamento della temperatura in dipendenza dall'energia immessa nella camera attiva fino al raggiungimento della temperatura massima corrispondente all'equilibrio tra energia immessa ed energia dispersa nell'ambiente circostante.
3. Adottare una metodica sperimentale per la quantificazione dell'energia prodotta che eviti le incertezze legate a quantificazioni basate su calcoli di equilibrio termico dei quali non è sempre possibile assicurare la rispondenza alla realtà. A questo scopo si è adottata una metodica innovativa consistente nel confronto sistematico tra le temperature massime raggiunte dalla camera attiva in presenza degli shot e le temperature massime ivi ottenute dopo aver sostituito gli elettrodi con una resistenza elettrica in grado di erogare la stessa potenza. In entrambi i casi si sono protratte le prove fino al raggiungimento della temperatura di equilibrio termico con l'ambiente, equilibrio caratterizzato dall'eguaglianza fra perdite e potenza somministrata. La temperatura di equilibrio è decisiva ai fini dell'impiego del dispositivo come sorgente di calore.
Questa scelta rende irrilevanti, ai fini della determinazione della potenza necessaria a mantenere la temperatura di equilibrio, fenomeni che intervengono durante il raggiungimento dello stato di equilibrio che in questi esperimenti costituisce la condizione di regime.
Il metodo comparativo sopra descritto si basa sulla condizione, qui denominata *ceteris paribus*, di massima coerenza tra la configurazione con la scarica e quella con la resistenza.
Le potenziali differenze sono riconducibili a:
 - differenze strutturali di dettaglio del dispositivo nelle due configurazioni, con conseguente variazione dei parametri termodinamici (capacità termica, conducibilità termica, emissività)
 - differenze nelle condizioni termiche di contesto.
4. Per la quantificazione della pressione raggiunta e della produzione di idrogeno si è proceduto alla valutazione della quantità e tipologia dei gas sviluppati, mediante misura di pressione del materiale estratto dalla sezione di raccolta e misure di composizione effettuate mediante gascromatografo.
Le modalità sono esposte nel paragrafo 3.3

La tabella seguente raccoglie i parametri descrittivi delle condizioni in cui sono state eseguite le diverse prove.

Tabella 1

Prove con sollecitazione				
Per tutte le prove: - soluto NaCl 1% in peso - elettrodi di Titanio distanziati di 0,2 mm				
Identificativo Prova	Potenza [Watt]	Tensione applicata [Volt]	Energia in ogni shot (J)	Frequenza [Hz]
1 S	15,7	<u><i>Dettagli disponibili previa sottoscrizione di accordo di riservatezza (NDA) – brevetto in corso di deposito</i></u>		38,5
2 S	20			50
3 S	25			62,5
4 S	30			76,9
5 S	36,3			91

Corrispondenti prove con resistenza	
Identificativo Prova	Potenza [W]
1 R	16
2 R	20
3 R	25
4 R	30
5 R	36,3

Poiché obiettivo di questo studio è quello di quantificare l'efficacia dell'erogazione di potenza mediante sollecitazioni a shot i valori della potenza e della tensione applicata sono riferiti agli elettrodi, qui e nel prosieguo del rapporto. Ai fini delle applicazioni pratiche si pone l'esigenza di minimizzare gli assorbimenti di potenza dalla rete legati ai dispositivi a monte degli elettrodi: sono in corso sviluppi di soluzioni atte allo scopo.

3- Descrizione dei risultati ottenuti

Di seguito sono esposti i risultati relativi alla dinamica termica, al livello di pressione e alla quantità di idrogeno osservate a fine prova.

Solo in alcune prove qui riportate è apparso il bagliore dovuto alla scarica e limitatamente alla prima fase del raggiungimento della condizione di equilibrio termico.

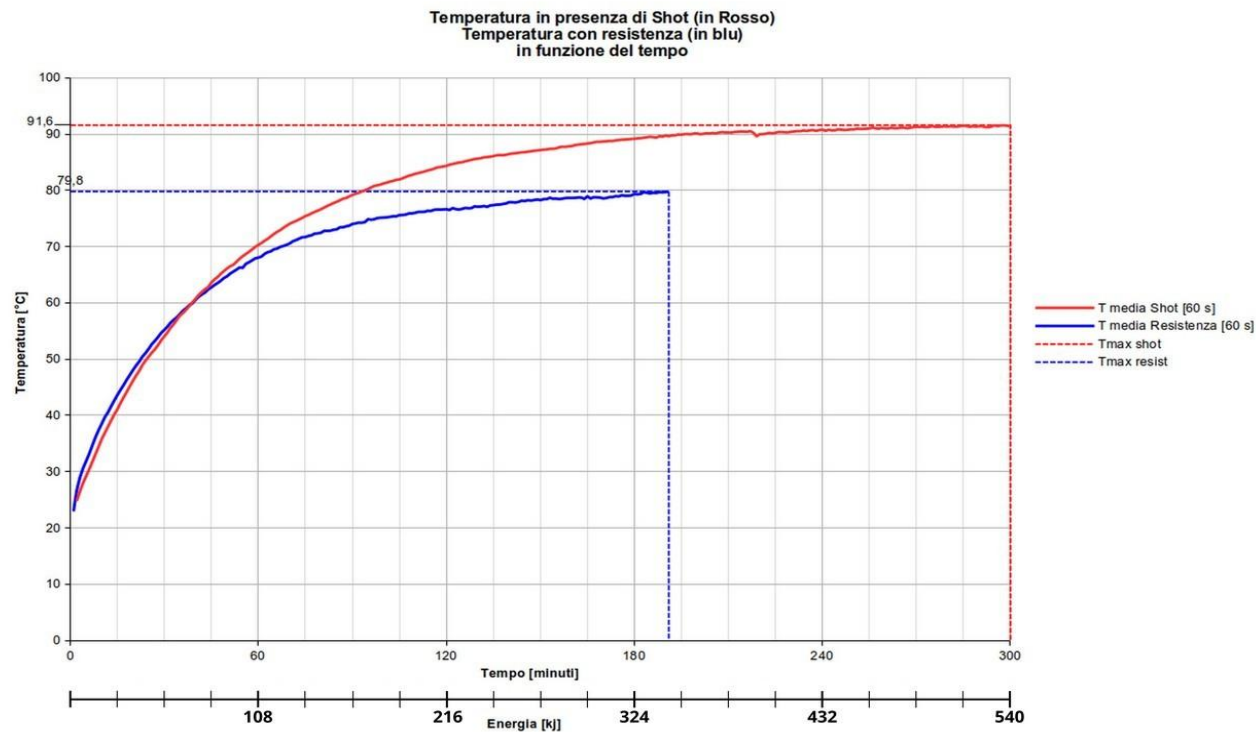
Da registrare la circostanza che gli elettrodi vanno sostituiti dopo ogni prova perché risultano gravemente usurati.

3.1 Risultati relativi alla temperatura

3.1a Analisi di un caso di riferimento

Nel grafico 1 corrispondente alla prova 4 S, come definita in Tabella 1, sono confrontate le curve di crescita temporale della temperatura relative rispettivamente alla configurazione con gli shot ed alla configurazione con la resistenza. Dal grafico si possono ricavare il valore di equilibrio della temperatura che è evidenziato da una linea parallela all'asse delle ascisse e il tempo necessario per raggiungere detto valore che è rappresentato con una parallela all'asse delle ordinate. È rappresentata anche la quantità di energia erogata che è proporzionale alla scala temporale poiché la fornitura di energia avviene a potenza costante. Le misure sono proseguite per diverse ore. Tutti i successivi grafici sono rappresentati fino al raggiungimento del valore di equilibrio.

Grafico 1



La temperatura raggiunta in presenza di shot è in questo caso maggiore di circa 12 °C rispetto a quella con la resistenza. Questo risultato già di per sé molto significativo evidenzia le prestazioni del dispositivo e la possibilità di applicazioni.

Come accennato al [paragrafo 2, punto 3](#) , è necessario (in entrambe le configurazioni) esaminare separatamente:

- a) il comportamento dei dispositivi durante la dinamica di raggiungimento dell'equilibrio b)
- la situazione a regime.

In particolare, risulta dal confronto, che all'inizio la curva di salita della temperatura è lievemente più ripida nel caso della resistenza a causa della capacità termica che è minore perché gli elettrodi, presenti esclusivamente nelle prove con shot, presentano una capacità termica superiore a quella della resistenza.

La quantità di energia consumata per raggiungere le rispettive temperature di equilibrio è inferiore nel caso della resistenza, ma questo ha rilevanza solo con riferimento all'avvio della sorgente, non al suo regime di impiego. Perché, come già detto, la temperatura di equilibrio si raggiunge quando le perdite uguagliano la potenza somministrata.

La temperatura ambiente è significativa per lo scambio termico all'equilibrio, poiché condiziona le perdite del dispositivo.

Quanto alla temperatura iniziale, la differenza tra le due configurazioni condiziona l'energia necessaria per raggiungere la temperatura di equilibrio ma non il rapporto tra temperatura raggiunta e potenza somministrata.

Al fine di realizzare una sorgente di calore ad alta temperatura, è rilevante l'entità delle perdite verso l'ambiente all'equilibrio, in quanto queste sono la sorgente dell'utilizzo del calore generato che è più pregiato se a parità di potenza assorbita durante l'esercizio la temperatura raggiunta è più elevata.

Nel paragrafo successivo è mostrato un metodo, basato sul confronto dei risultati di diverse prove, che consente di valutare in termini di potenza il beneficio derivante dalla somministrazione degli shot. Vale a dire che si può parlare di un guadagno di temperatura a parità di potenza o di un risparmio di potenza a parità di temperatura raggiunta.

3.1b Analisi delle diverse prove oggetto del presente rapporto

Lo stesso tipo di prova è stata eseguito per tutte le configurazioni elencate in Tabella 1.

I risultati sono esposti in Tabella 2

Tabella 2

CONFRONTO PROVE	Potenza (Watt)	T R amb. [°C]	T S amb. [°C]	T R max raggiunta misurata [°C]	T S max raggiunta misurata [°C]	Valori R Calcolati T [°C]	Valori S Calcolati T [°C]	Δ T max raggiunte	Valori Calcolati ΔT [°C]
1 S – 1 R	15,7	23,0	25,9	60,7	65,1	58,1	64,2	4,4	6,1
2 S – 2 R	20,0	22,0	24,6	63,9	73,8	66,4	73,1	9,8	6,7
3 S – 3 R	25,0	24,5	25,2	77,6	81,3	74,8	82,0	3,7	7,2
4 S – 4 R	30,0	23,0	25,5	80,0	91,6	83,2	90,8	11,6	7,6
5 S – 5 R	36,3	25,8	25,4	95,4	101,5	93,8	102,0	6,1	8,2

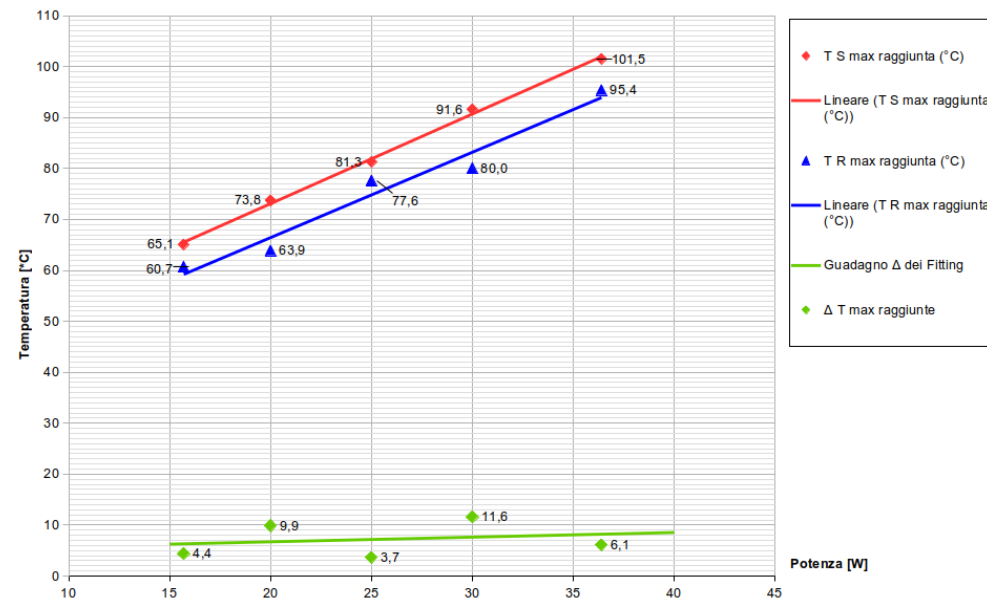
In entrambe le configurazioni si manifesta all'aumentare della potenza erogata un incremento delle temperature di equilibrio significativamente crescente con tendenza lineare.

I valori non sono però perfettamente allineati per cui, allo scopo di limitare gli effetti legati a queste oscillazioni (correlabili con variazioni della temperatura ambiente sull'effetto delle quali si è già detto), si utilizza per le successive elaborazioni un fitting lineare (smoothing) di ciascuna serie di temperature. L'ipotesi di correlazione delle oscillazioni dei valori della temperatura massima raggiunta con la dispersione dei valori della temperatura ambiente è confermata dalla seguente circostanza: la variabilità di questi ultimi valori è rilevante per le misure eseguite con la resistenza mentre è contenuta nelle misure con sollecitazioni, come si può rilevare dalla Tabella 2.

Come differenza dei valori calcolati di ciascuna curva si determina il guadagno di temperatura che, come già specificato al [paragrafo 3.1.a](#), quantifica il beneficio associato con la erogazione tramite shot. La quantificazione di questo beneficio è infatti uno degli obiettivi della campagna di prove qui esposta.

I risultati sono raccolti nel Grafico 2 dove al variare della potenza sono rappresentati in rosso i valori della temperatura in presenza di shot, in blu quelli in presenza di resistenza e in verde i valori del guadagno termico.

Grafico 2 Temperature di equilibrio con e senza shot e conseguente guadagno termico



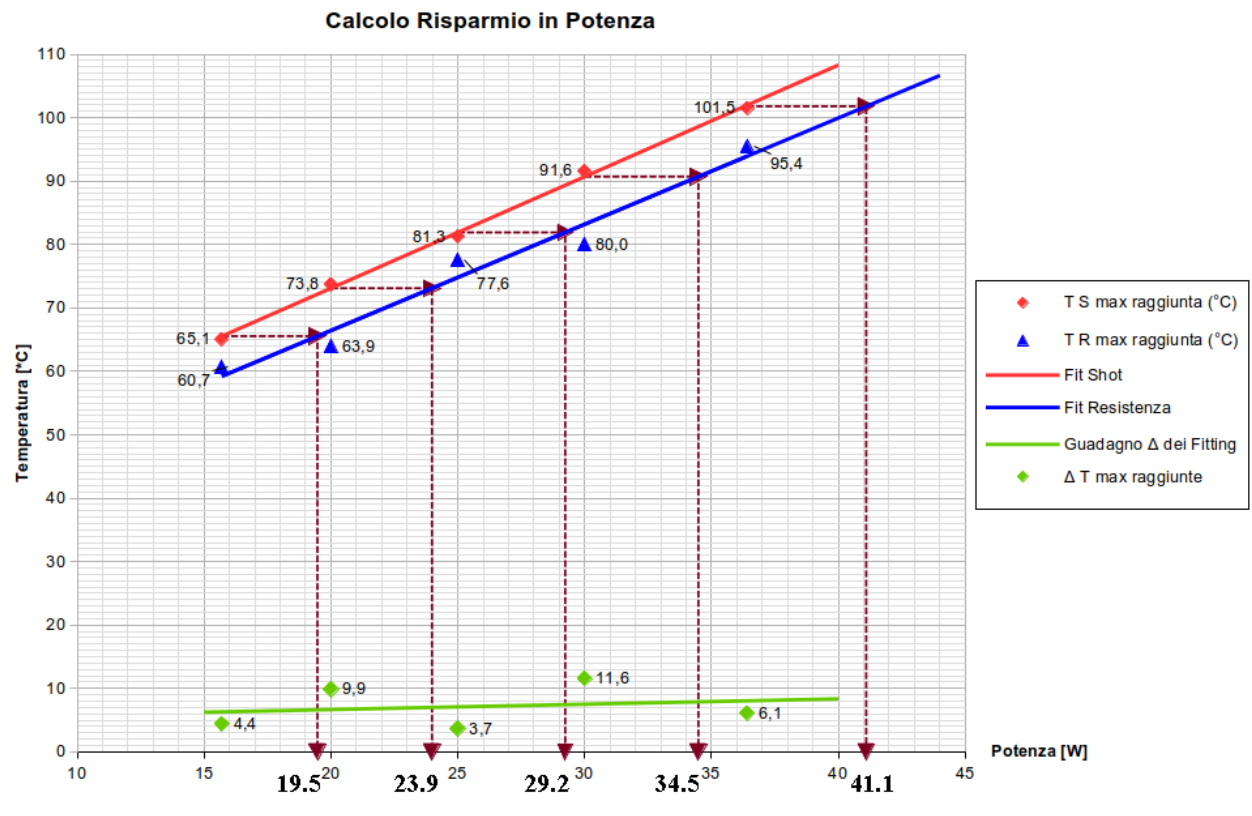
In sintesi:

- è confermato che l'uso degli shot consente un guadagno di temperatura in tutte le configurazioni esaminate
- si ottiene con la scarica una sorgente termica con temperatura a regime più elevata rispetto a un sistema convenzionale avente la stessa potenza elettrica di alimentazione
- i valori esposti nel grafico mostrano che il guadagno termico varia tra 6,1 °C e 11,6°C a seconda della potenza erogata¹. Questo corrisponde a un incremento del guadagno termico pari a 0,1 °C ogni incremento di un Watt della potenza erogata.

¹ Il guadagno termico calcolabile direttamente dai valori di temperatura, rappresentati nel grafico come punti, ammonta a 11,6°C (come già osservato 12°C, commentando la prova 4S 30W). Per i motivi sopra esposti si è ritenuto di utilizzare il meccanismo dello smoothing, pertanto il valore di 8,2 °C riportato come massimo è largamente prudenziale.

Come anticipato al paragrafo 3.1a da questi grafici si ricava il risparmio di potenza mediante il procedimento illustrato in figura Grafico 3. Si parte leggendo dall'asse delle coordinate il valore di temperatura conseguito con gli shot, e si individua sull'asse delle ascisse la potenza alla quale detta temperatura è raggiunta sulla curva corrispondente all'uso della resistenza.

Grafico 3



I risultati sono raccolti in Tabella 3

Tabella 3

Prova	Guadagno in temperatura (° C)	Risparmio in potenza [W]	potenza con shot / potenza con resistenza
1 S – 1 R	6,3	3,8	1,24
2 S – 2 R	6,7	4,0	1,20
3 S – 3 R	7,1	4,2	1,17
4 S – 4 R	7,5	4,5	1,15
5 S – 5 R	8,3	4,8	1,13

All'interno dei casi considerati nel presente rapporto (la potenza erogata compresa tra 15 Watt e 36,3 Watt) i valori del risparmio in potenza variano tra 3,8 Watt e 4,8 Watt.

L'andamento non appare significativamente influenzato dal variare dei valori di potenza in gioco. Espresso in termini di rapporto tra i due valori di potenza il risparmio massimo conseguito arriva fino al 1.24 .

3.2 Risultati relativi alla pressione

Come illustrato precedentemente le temperature del fluido raggiungono un valore di equilibrio che è significativo per la qualificazione come sorgente termica del dispositivo. La pressione invece non raggiunge un valore di equilibrio; infatti, ovviamente fin tanto che continua l'erogazione della potenza continua a crescere proporzionalmente alla quantità di energia erogata.

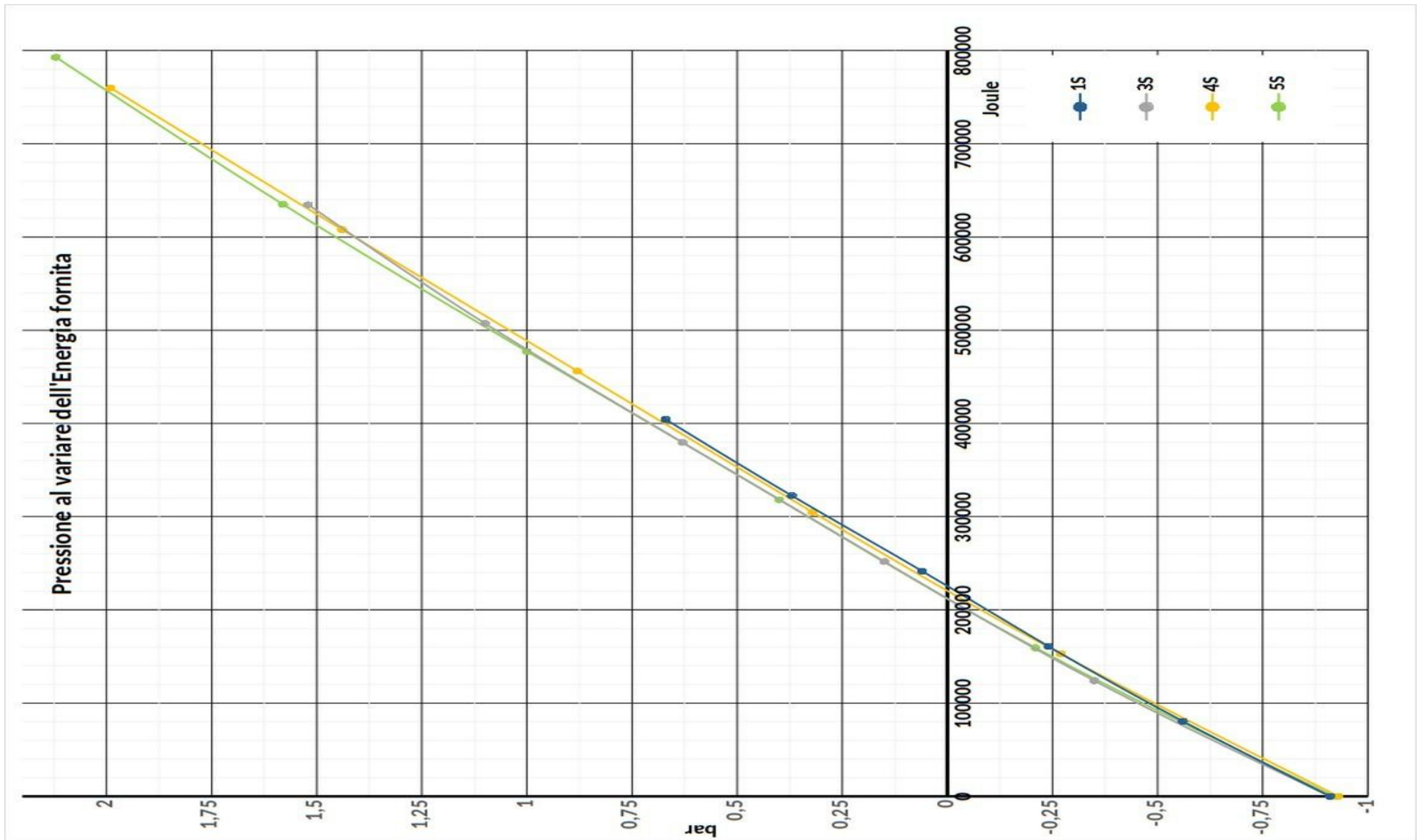
Sono state condotte prove per verificare l'incidenza sulle dinamiche di pressione derivanti da diverse modalità di erogazione della scarica.

I grafici seguenti illustrano in dettaglio i risultati relativi alla pressione al variare della quantità della energia immessa; si ricorda che la potenza è tenuta costante durante lo svolgimento di ogni prova mentre viene variata tra le differenti prove.

Da notare il valore della depressione iniziale (pari a circa 1 bar) accorgimento adottato per incrementare potenzialmente l'intervallo di pressioni esplorabile rimanendo sensibilmente al di sotto delle condizioni di ebollizione del fluido utilizzato nel dispositivo Prometheus.

È risultato che l'incidenza del livello di potenza con cui è erogata la scarica è poco rilevante (Vedi grafico 2a).

Grafico 2a



Va osservato, anche al fine di ulteriori sviluppi, che la pressione condiziona, a sua volta, le dinamiche termiche della camera attiva il che suggerisce l'utilità di misure eseguite a pressione costante, attraverso l'impiego di apposito dispositivo.

3.3 Produzione di idrogeno

Per misurare la produzione di idrogeno sono state adottate le seguenti modalità (vedi Grafico 3 nel paragrafo 3.2):

- valutazione della quantità e tipologia dei gas sviluppati, mediante misura di pressione del materiale estratto dalla sezione di raccolta e misure di composizione effettuate mediante gascromatografo; questa metodica non tiene conto della eventuale parziale ricombinazione dell'idrogeno prodotto.
- utilizzo per eliminazione del vapor d'acqua di un essiccatore presente all'ingresso del gascromatografo per consentire un corretto funzionamento dello stesso.
- pressione misurata nel buffer.

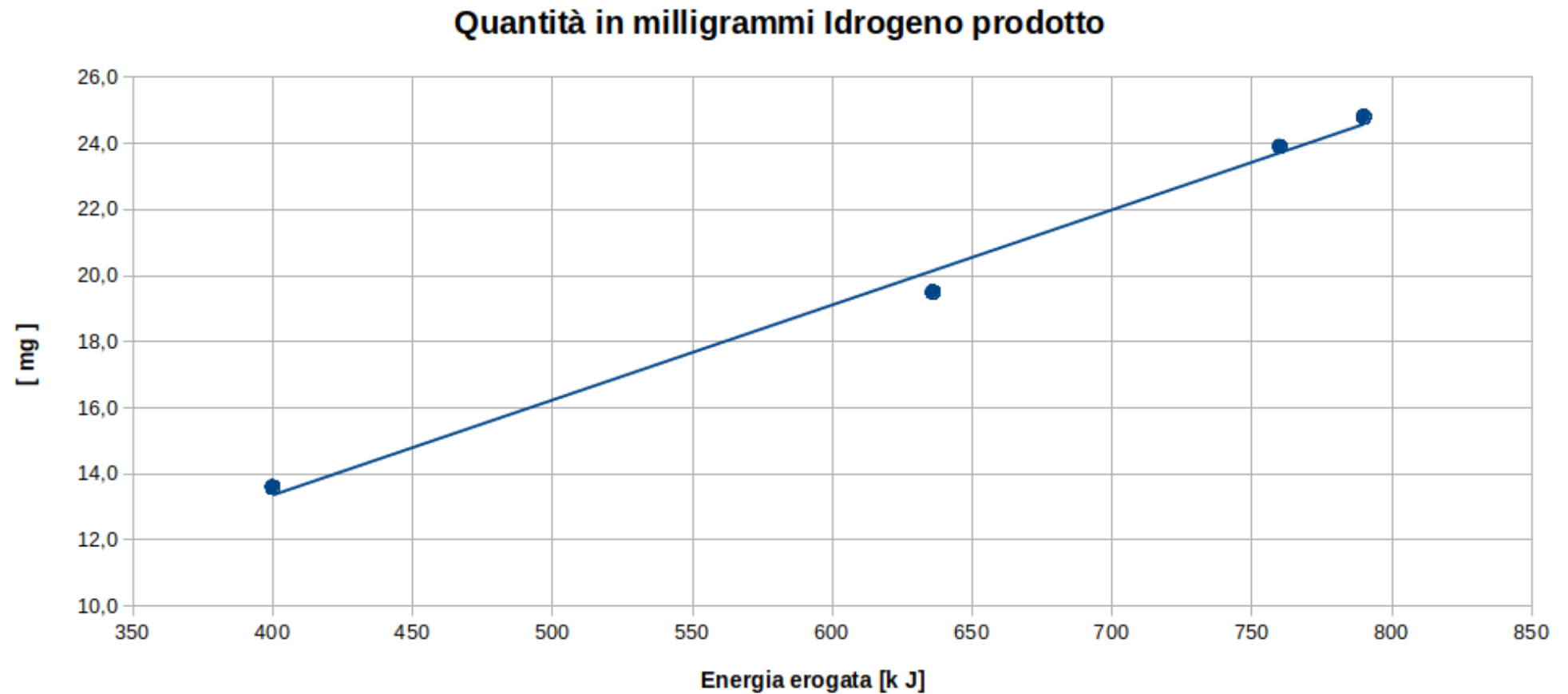
La quantità di idrogeno prodotto viene calcolata mediante la formula $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ dove la temperatura T è la temperatura del buffer che corrisponde alla temperatura ambiente. La pressione viene misurata prima della essiccazione e pertanto la pressione del fluido comprende anche il contributo del vapore presente nella miscela. Questo contributo è stimabile in base alla tensione di vapore saturo alla temperatura della miscela stessa. Il valore della tensione di vapore alle condizioni di temperatura ambiente cui sono state effettuate le prove è pari a 0.032 bar, tale contributo è pertanto da ritenere irrilevante dato che il range di valori misurati è compreso tra 1 e 3 bar. Sono stati misurati i seguenti valori di idrogeno prodotto.

Prova	Energia Erogata [kJ]	Quantità di Idrogeno prodotto [mg]
1 S	<u><i>Dettagli disponibili previa sottoscrizione di accordo di riservatezza (NDA) – brevetto in corso di deposito</i></u>	13,6
3 S		19,5
4 S		23,9
5 S		24,8

Applicando la formula $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ i valori vengono confermati se si considera il volume complessivo del buffer.

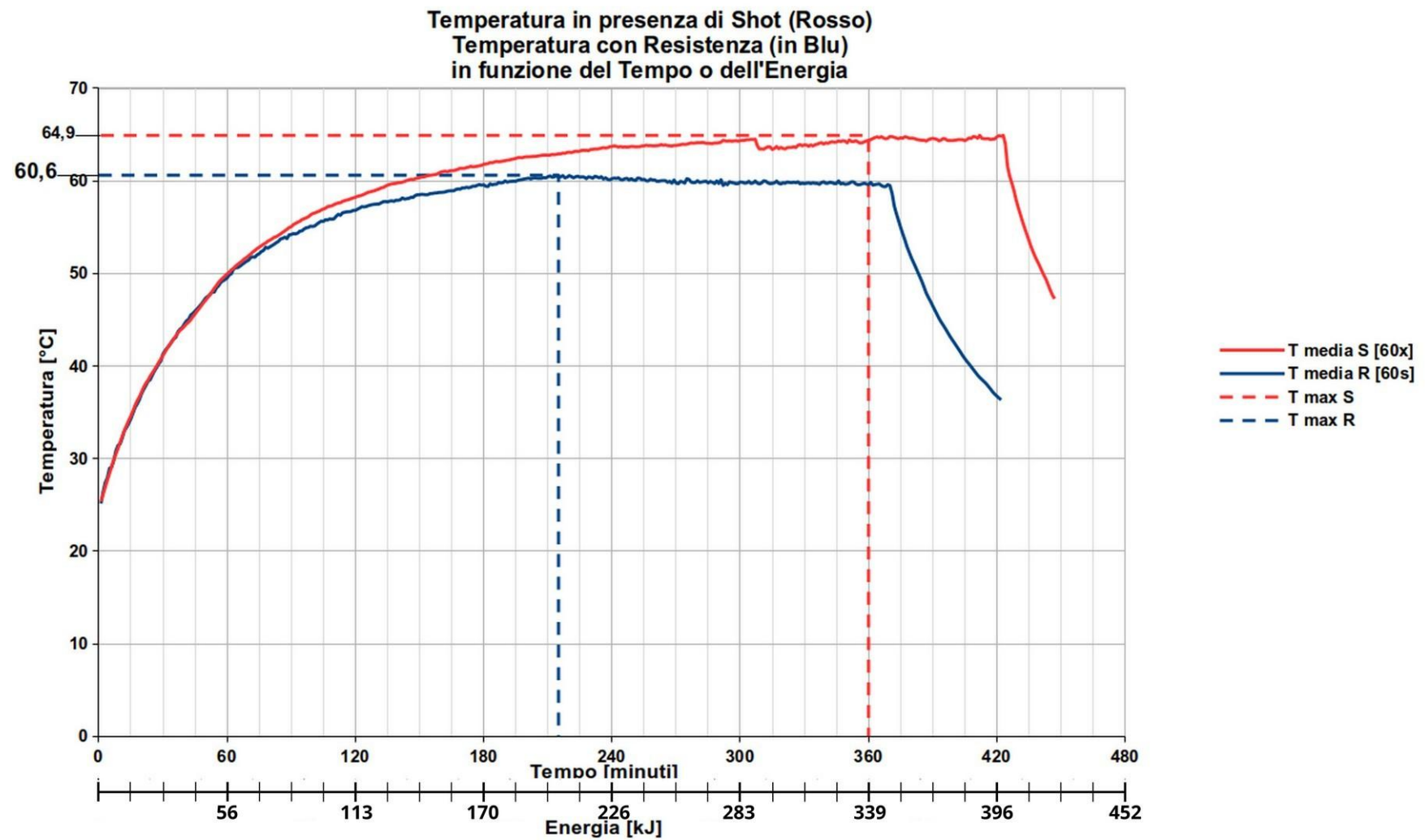
Nella figura seguente sono evidenziati i risultati di alcune prove ritenute significative.

In sintesi, si è constatato che nelle condizioni sperimentali utilizzate, per ogni centinaio di kJoule somministrati durante il transitorio di avviamento si ottiene una produzione di idrogeno di circa 2,86 mg ed un incremento di pressione di 0.3 bar oltre agli effetti termici dello stato stazionario quando raggiunto.

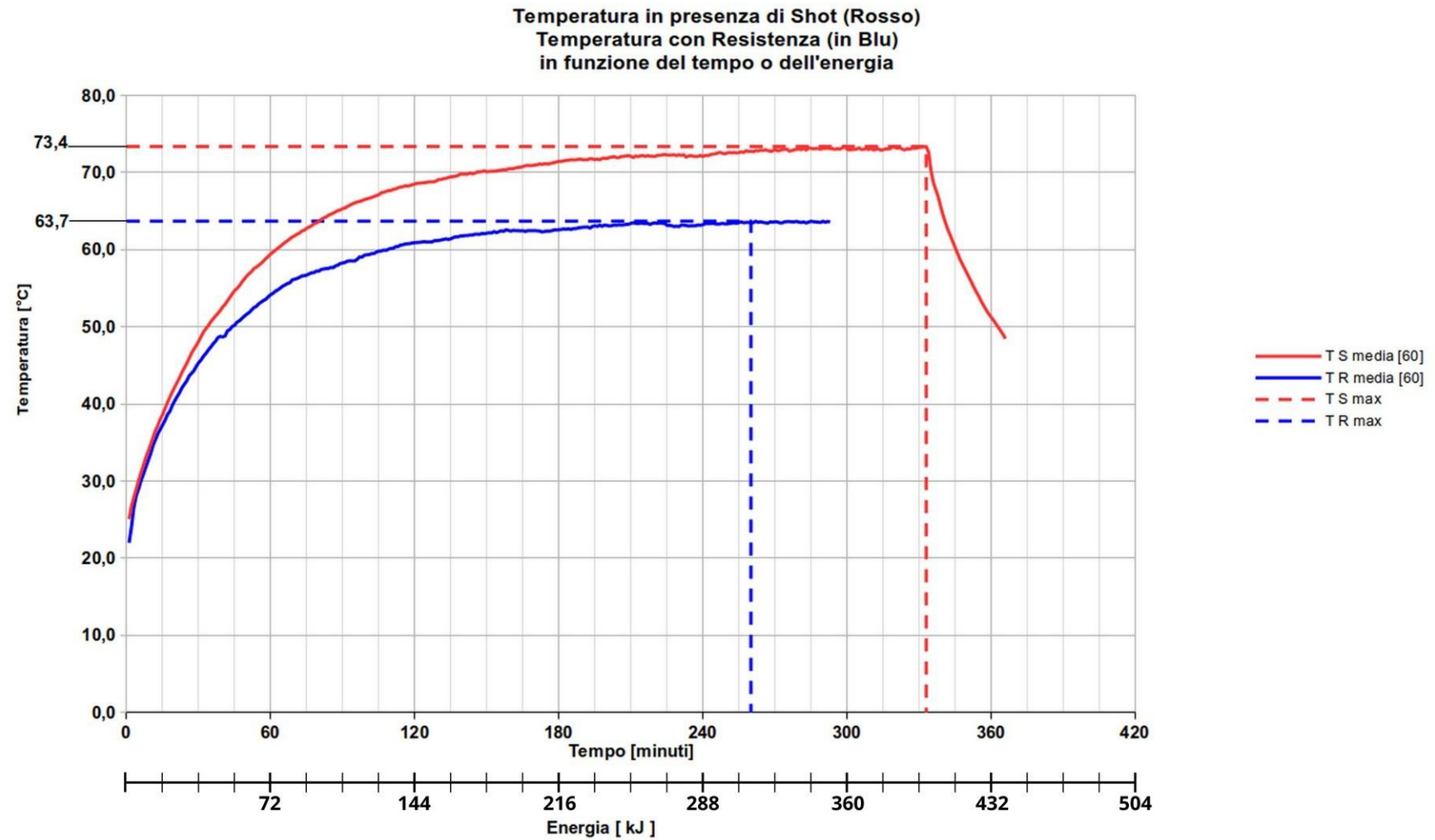


**Appendice con i diagrammi dell'andamento delle
Temperature, in funzione del tempo e dell'energia fornita,
durante le prove di confronto shot – R**

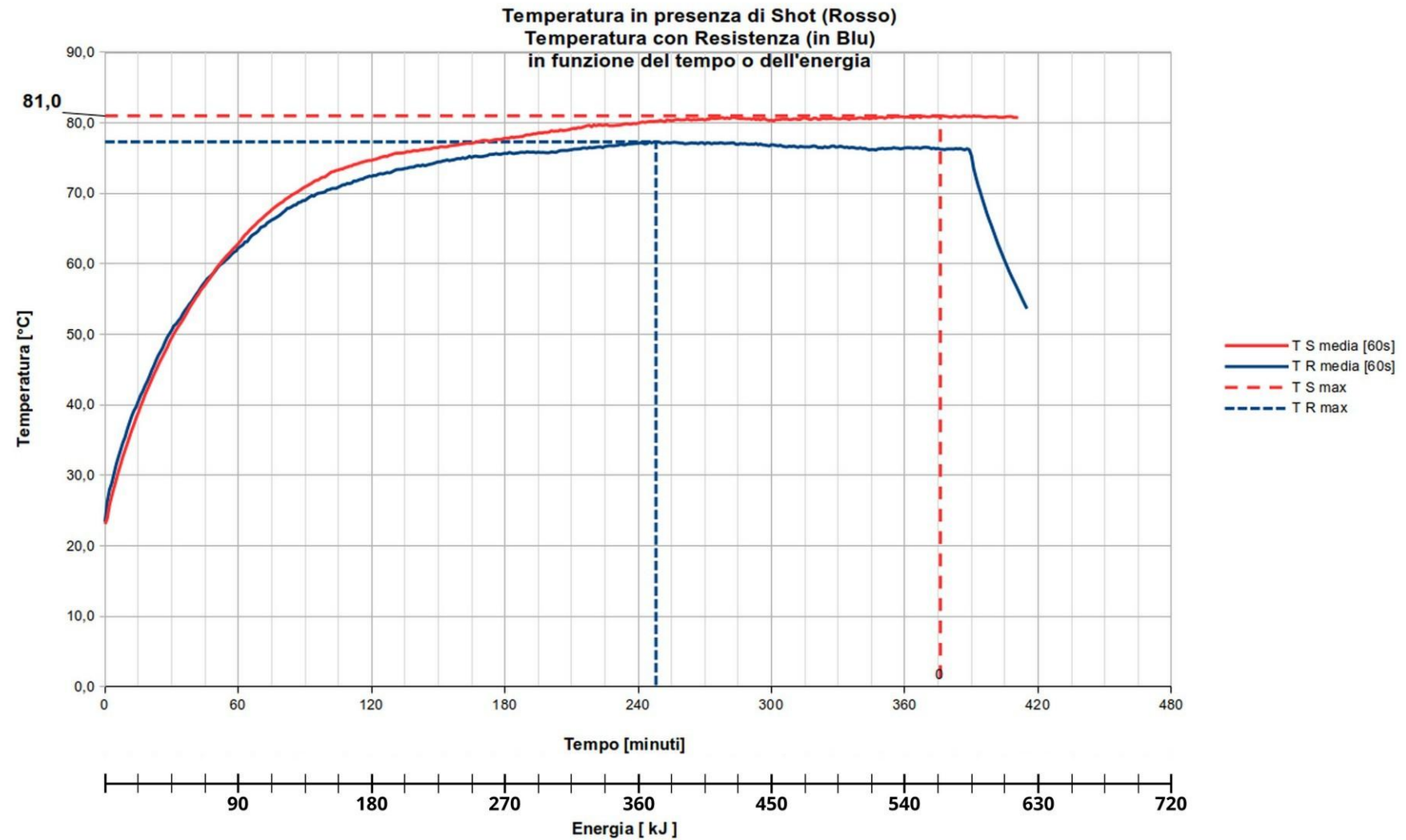
Prove 1 S – 1 R



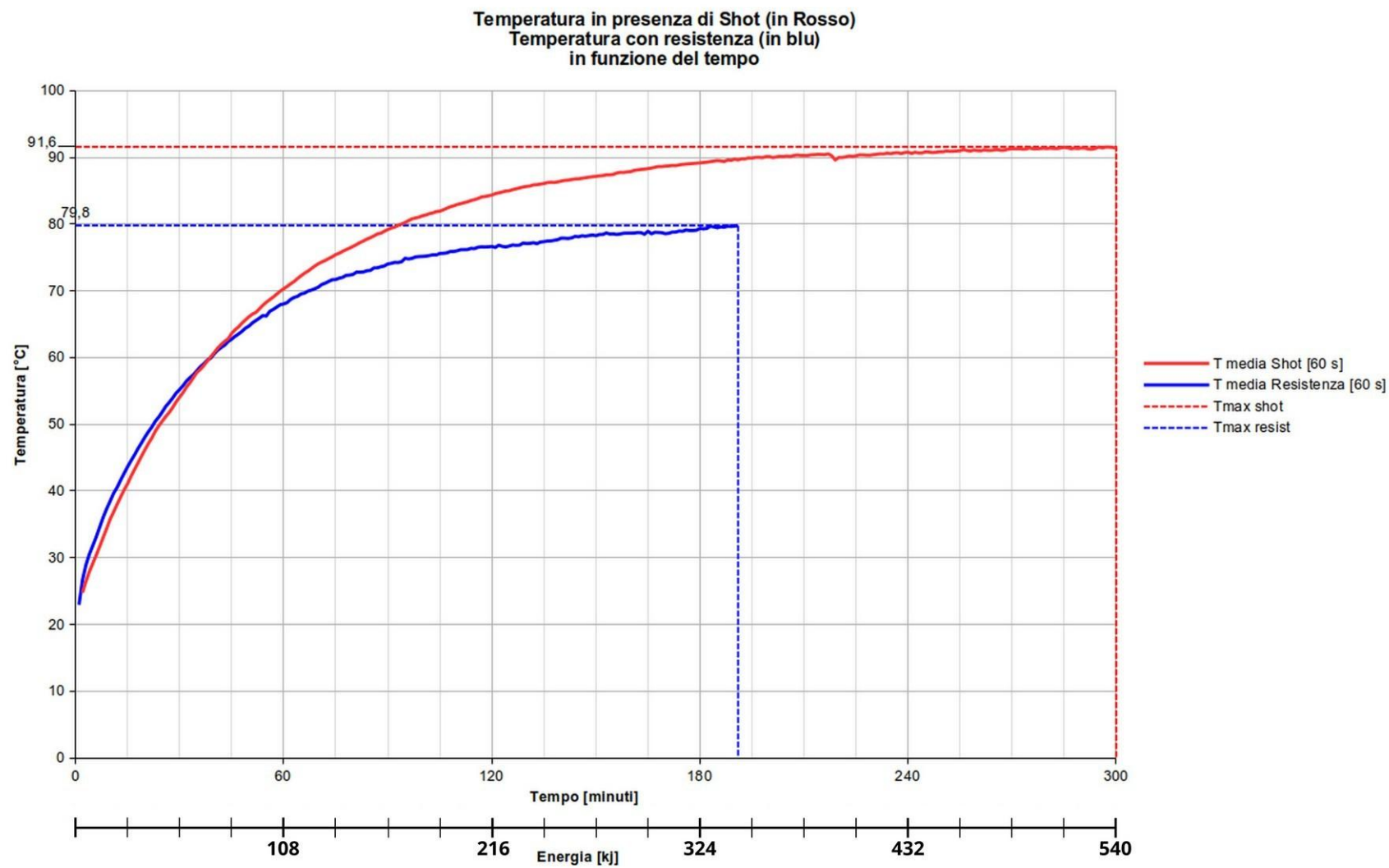
Prove 2 S – 2 R



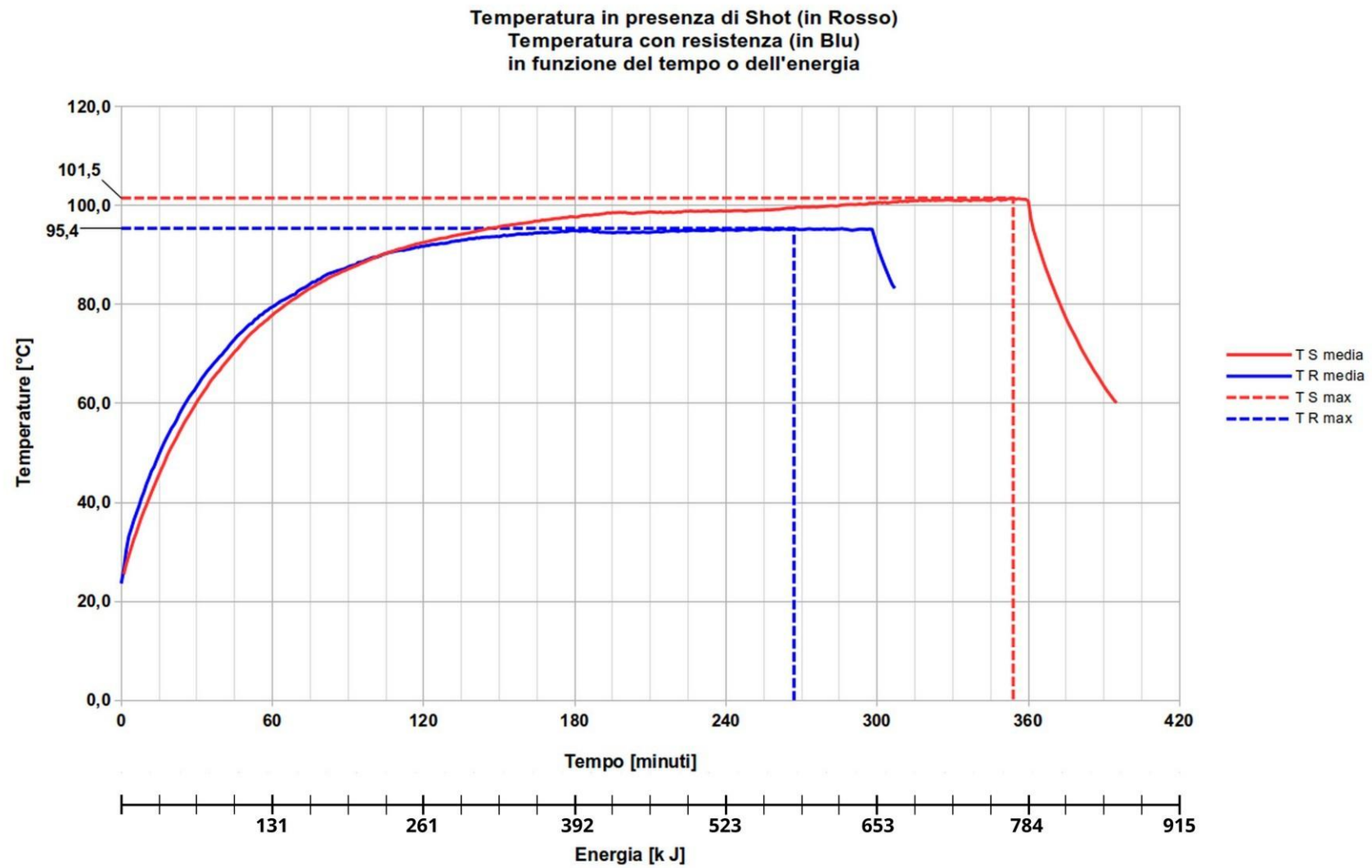
Prove 3 S – 3 R



Prove 4 S – 4 R



Prove 5 S – 5 R



Tanto dovevo in ottemperanza all'incarico ricevuto con il contratto indicato in oggetto e successivamente integrato per come descritto.

Ing. Domenico Bassani



Per presa visione

Ing. Carlo Miglietta
Prometheus SpA
Chief Technology Officer

