

Valutazione della variazione di temperatura nel tempo sulla superficie non esposta di un bersaglio sottoposto a irraggiamento termico

Caso di un incendio di un container BESS

NOME AZIENDA/SOCIETA'

Indirizzo

Comune, Provincia

Attività .../... dell'Allegato I al DPR 151/2011

D.M. 3 Agosto 2015 e D.M. 3 Settembre 2021

Relazione tecnica con analisi numerica

Data documento

Prepared by:

Studio Tecnico Ass.to Cinalli-Zappa

T: +39.0432.904531

M: +39.335 630 2664

E: cinalli.zappa@gmail.com

W: www.studiocz.eu

Sommario

1 Oggetto dell'analisi	3
2 Configurazione del problema	3
2.1 Caratteristiche della sorgente	3
2.2 Caratteristiche del bersaglio	4
3 Formulazione matematica	4
3.1 Grandezze intermedie	4
3.2 Grandezze finali	5
4 Attendibilità del modello e stima degli errori	5
5 Bibliografia e riferimenti normativi	6
6 Allegati	6
6.1 Allegato A – Fogli di calcolo	6

1. Oggetto dell'analisi

La presente relazione illustra la metodologia adottata per la valutazione della variazione di temperatura nel tempo sulla superficie non esposta di un bersaglio sottoposto a irraggiamento termico proveniente da una sorgente costituita da **un accumulo di energia sottoforma di batterie al litio**.

Assunto che oltre il bersaglio, dalla parte opposta della sorgente, sono presenti analoghi accumuli energetici, tale **valutazione** viene **condotta al fine di determinare dopo quanto tempo viene raggiunta, sulla parete non esposta direttamente alla sorgente, la temperatura di 80 °C (temperatura critica alla quale si può innescare un thermal runaway)** al fine di evitare un rischioso effetto domino.

Negli elaborati grafici progettuali sono riportate le varie distribuzioni di accumuli di energia sottoforma di batterie al litio presenti nell'attività in esame.

2. Configurazione del problema

I dati utilizzati e necessari per la suddetta valutazione sono di seguito riportati.

2.1 Caratteristiche della sorgente

I dati relativi alle caratteristiche della sorgente utilizzati e necessari per la suddetta valutazione sono i seguenti.

Tab. 1. Caratteristiche della sorgente

Parametro	Simbolo	Unità di misura
Lunghezza	L_i	m
Altezza	H_i	m
Profondità	P_i	m
Superficie in pianta	S_c	m ²
Contenuto massimo energetico batterie	E_M	kWh
Potere calorifico al kWh	q_w	MJ/kWh
Carico d'incendio specifico	q_f	MJ/mq
Stato di carica medio delle batterie	SoC	%
Superficie radiante effettiva	A_i	m ²

2.2 Caratteristiche del bersaglio

I dati relativi alle caratteristiche del bersaglio utilizzati e necessari per la suddetta valutazione sono i seguenti.

Tab. 2. Caratteristiche del bersaglio

Parametro	Simbolo	Unità di misura
Temperatura iniziale sul bersaglio	T_i	°C
Distanza del bersaglio dalla sorgente oggetto di valutazione	r	m
Spessore del bersaglio	s_b	m
Densità del bersaglio	ρ_b	Kg/m ³
Calore specifico del bersaglio	c_b	J/kg·K
Conducibilità termica del bersaglio	λ_b	W/m·K
Coeff. assorbimento superficiale bersaglio	k_b	/

3. Formulazione matematica

3.1 Dati iniziali e grandezze intermedie

Sono di seguito riportate le formule utilizzate per l'identificazione delle grandezze intermedie, implementate nel calcolo delle grandezze finali, determinate sulla base delle caratteristiche della sorgente e del bersaglio.

$$\text{Quantità di calore totale} \quad Q_t = E_M \cdot q_w \quad [1]$$

$$\text{Carico d'incendio specifico} \quad q_f = \frac{Q_t}{s_c} \quad [2]$$

$$\text{Carico d'incendio specifico con SoC} \quad q_{f,SoC} = q_f \cdot \frac{SoC}{100} \quad [2']$$

$$\text{Potenza termica radiante senza SoC [*]} \quad P_i = \begin{cases} 149,00 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} & \text{se } q_f > 1200 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \\ 75,00 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} & \text{altrimenti} \end{cases} \quad [3]$$

$$\text{Potenza termica radiante con SoC [*]} \quad P_{i,SoC} = \begin{cases} 149,00 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} & \text{se } q_{f,SoC} > 1200 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \\ 75,00 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} & \text{altrimenti} \end{cases} \quad [3']$$

$$\text{Potenza totale irradiata senza SoC} \quad E_i = P_i \cdot A_i \cdot 1000 \quad [4]$$

$$\text{Potenza totale irradiata con SoC} \quad E_{i,SoC} = P_{i,SoC} \cdot A_i \cdot 1000 \quad [4']$$

$$\text{Diffusività termica} \quad \alpha_b = \frac{\lambda_b}{\rho_b \cdot c_b} \quad [5]$$

$$\text{Fattore di distribuzione} \quad \beta_b = \sqrt{\lambda_b \cdot \rho_b \cdot c_b} \quad [6]$$

$$\text{Coefficiente di assorbimento superficiale} \quad 0 \leq k_b \leq 1$$

[*] La potenza termica radiante (con o senza SoC) viene assunta in conformità al CO.PI. S.3.11.3 - equazioni S.3-6 e S.3-7

3.2 Equazioni utilizzate nell'analisi e grandezze finali

Di seguito sono riportate le equazioni utilizzate per la determinazione delle grandezze finali e il metodo numerico di implementazione.

OMISSIS

4. Attendibilità modello e stima degli errori

L'analisi numerica condotta con il metodo di Eulero esplicito fornisce una valutazione cautelativa dell'andamento termico della parete. Di seguito si riportano i principali punti di confronto con la situazione reale con una stima dell'entità dell'errore che l'utilizzo di tale metodo comporta:

ASPETTO	ANALISI NUMERICA	SITUAZIONE REALE	IMPATTO SULL'ERRORE
Proprietà termofisiche	Costanti (ρ , c , k)	Variano con T: k e c decrescono con la temperatura	Sovrastima T non esposta +15%
Scambio sulla faccia esposta	Solo flusso radiante costante	Radiazione + convezione + irraggiamento variabile	Errore $\pm 20\%$ su T esposta
Condizione sul retro	Isolata (flusso nullo)	Scambio convettivo con l'aria retrostante	Sovrastima T non esposta +10%
Intensità flusso	Costante e uniforme	Varia con distanza/orientamento	Errore $\pm 15-25\%$
Comportamento strutturale	Solo temperatura	Dilatazioni, fessurazioni, degrado meccanico	Non rilevato
Metodo numerico	Eulero esplicito, $Fo = 0.0424$	—	Errore numerico $\pm 2-5\%$

La simulazione numerica condotta allegata alla relazione tecnica mostra come la temperatura sulla faccia non esposta del bersaglio cresca lentamente, ma resti comunque all'interno dei limiti per una parete classificata EI 120, grazie alla l'elevata inerzia termica del materiale costituente il bersaglio oggetto di studio. Visti i range dei possibili errori la valutazione può essere considerata attendibile.

In ambito antincendio l'analisi numerica effettuata fornisce una previsione utile per l'individuazione delle differenti strategie antincendio secondo quanto previsto dal Codice di Prevenzione Incendi - D.M. 3 agosto 2015 e dalle "Linee guida per la progettazione, realizzazione e l'esercizio di Sistemi di Accumulo di Energia Elettrica (*"Battery Energy Storage System – BESS"*)

5. Bibliografia e riferimenti normativi

- **D.M. 3 agosto 2015** – Codice di Prevenzione Incendi
- **UNI 10351:2015** – Materiali da costruzione - Dati termofisici
- **EN ISO 13786:2018** – Prestazione termica dei componenti per l'edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo
- **UNI EN ISO 6946:2017** – Componenti edili – Resistenza termica e trasmittanza – Metodo di calcolo
- **UNI EN ISO 10211:2018** – Ponti termici nelle costruzioni- Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati
- **Carslaw H.S., Jaeger J.C.** – **Conduction of Heat in Solids**, Oxford University Press
- **Incropera F.P., DeWitt D.P.** – **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**, Wiley
- **ASHRAE Handbook - Fundamentals** – Cap. 4 Heat Transfer
- **UNI/TR 11552:2014** – Prestazione termica degli edifici – Sistemi di simulazione dinamica degli edifici – Linee guida per la valutazione energetica

6. Allegati

6.1 Allegato A – Fogli di calcolo

Analisi termica di una parete irradiata

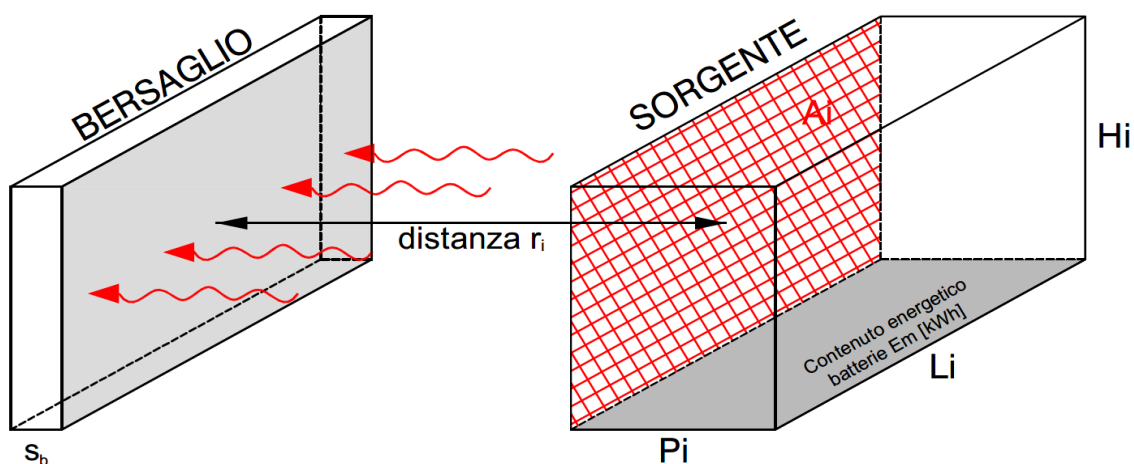


Fig. 1 - Rappresentazione schematica della sorgente e del bersaglio

Caratteristiche della sorgente energetica radiante:

Container da 40 ft antistante il fabbricato "gamma"

Batterie al litio:

- Dimensioni:	- Lunghezza	$L_i =$	12,20 m		
	- Altezza	$H_i =$	2,60 m		
	- Profondità	$P_i =$	2,44 m		
- Superficie del "compartimento"		$S_c =$	29,77 m ²	(superficie in pianta dell'area occupata dalla sorgente)	
- Superficie massima radiante		$S_M =$	135,664 m ²	(superficie totale radiante della sorgente)	
- Contenuto massimo energetico batterie		$E_M =$	1055 kWh		
	pari a		3798 MJ		
- Potere calorifico al kWh	500 MJ/kWh			per un totale di	$Q_T =$ 527500 MJ
- Carico d'incendio specifico		$q_f =$	17720,37 MJ/mq		
- Stato di carica medio (SoC)		SoC =	50 %		
- Energia totale irradiabile con SoC		$E_C =$	263750 MJ	(¹)	
- Superficie radiante effettiva		$A_i =$	15,73 m ²	(superficie esposta verso il bersaglio)	
- Carico d'incendio specifico con SoC		$q_{f,SoC} =$	8860,19 MJ/mq		
- Potenza termica radiante senza SoC		$P_i =$	149,00 kW/m ²	(CO.PI. S.3.11.3 - equazioni S.3-6 e S.3-7)	
- Potenza termica radiante con SoC		$P_{i,SoC} =$	149,00 kW/m ²	(CO.PI. S.3.11.3 - equazioni S.3-6 e S.3-7)	
- Potenza totale irradiata senza SoC		$E_i =$	2,34E+06 W		
- Potenza totale irradiata con SoC		$E_{i,SoC} =$	2,34E+06 W		

Note:

(¹) Il valore energetico effettivo radiante non decresce linearmente con il SoC ma molto più rapidamente: al 50% si hanno riduzioni quasi del 80%. Tuttavia nella determinazione della energia totale irradiata si è assunta una riduzione direttamente proporzionale al SoC.

Analisi termica di una parete irradiata

Caratteristiche del bersaglio:

- Temperatura iniziale sul bersaglio $T_i = 20,00$ °C pari a $T_i = 293,15$ K
- Superficie esposta sul bersaglio $A_b = 15,73$ m² (viene assunta pari a tutta quella effettiva radiante)
- Distanze del bersaglio dalla sorgente oggetto di valutazione:

$$r_1 = 1 \text{ m} \quad r_2 = 3 \text{ m} \quad r_3 = 6 \text{ m} \quad r_4 = 8 \text{ m} \quad r_5 = 10 \text{ m}$$

- Specifiche fisiche del bersaglio:

Parete in cls armato

- Spessore del bersaglio $s_b = 0,120$ m pari a 12 cm
- Densità del bersaglio $\rho_b = 2400,00$ Kg/m³
- Calore specifico del bersaglio $c_b = 880,00$ J/kg·K
- Conducibilità del bersaglio $\lambda_b = 1,400$ W/m·K
- Diffusività termica $\alpha_b = 6,63E-07$ m²·s
- Fattore di distribuzione $\beta_b = 1,72E+03$ W·s^{0,5}/m²·K
- Coeff. assorb. superficiale $k_b = 0,85$
- Volume del bersaglio $V_b = 1,89$ m³
- Massa del bersaglio $m_b = 4530,24$ kg

Potenza assorbita dal bersaglio alle differenti distanze dalla sorgente (progazione isotropa):

	Senza considerare il Soc		Valutando il SoC
$r_1 = 1$ m	$q''_{ass} = 1,27E+05$ W/m ²	→	$q''_{ass,SoC} = 1,27E+05$ W/m ²
$r_2 = 3$ m	$q''_{ass} = 1,41E+04$ W/m ²	→	$q''_{ass,SoC} = 1,41E+04$ W/m ²
$r_3 = 6$ m	$q''_{ass} = 3,52E+03$ W/m ²	→	$q''_{ass,SoC} = 3,52E+03$ W/m ²
$r_4 = 8$ m	$q''_{ass} = 1,98E+03$ W/m ²	→	$q''_{ass,SoC} = 1,98E+03$ W/m ²
$r_5 = 10$ m	$q''_{ass} = 1,27E+03$ W/m ²	→	$q''_{ass,SoC} = 1,27E+03$ W/m ²

Simulazione numerica (Metodo di Eulero) per l'implementazione della formula analitica

- Temperatura iniziale sul bersaglio $T_i = 293,15$ K
- Distanza del bersaglio dalla sorgente $r_i = 3,00$ m
- Simulazione assumendo il SoC ? **SI**
- Potenza termica sul bersaglio $q_0 = 1,41E+04$ m² (Considerando il SoC)
- Diffusività termica $\alpha_b = 6,63E-07$ m²·s
- Conducibilità del bersaglio $\lambda_b = 1,40$ W/m·K
- Spessore del bersaglio $s_b = L = 0,120$ m

- Tempi di valutazione:

$$t_1 = 10 \text{ min} \quad t_2 = 15 \text{ min} \quad t_3 = 30 \text{ min} \quad t_4 = 45 \text{ min} \quad t_5 = 60 \text{ min}$$

- Spessore del bersaglio diviso in $N = 12$ strati di strati di spessore: $\Delta x = 0,0100$ m

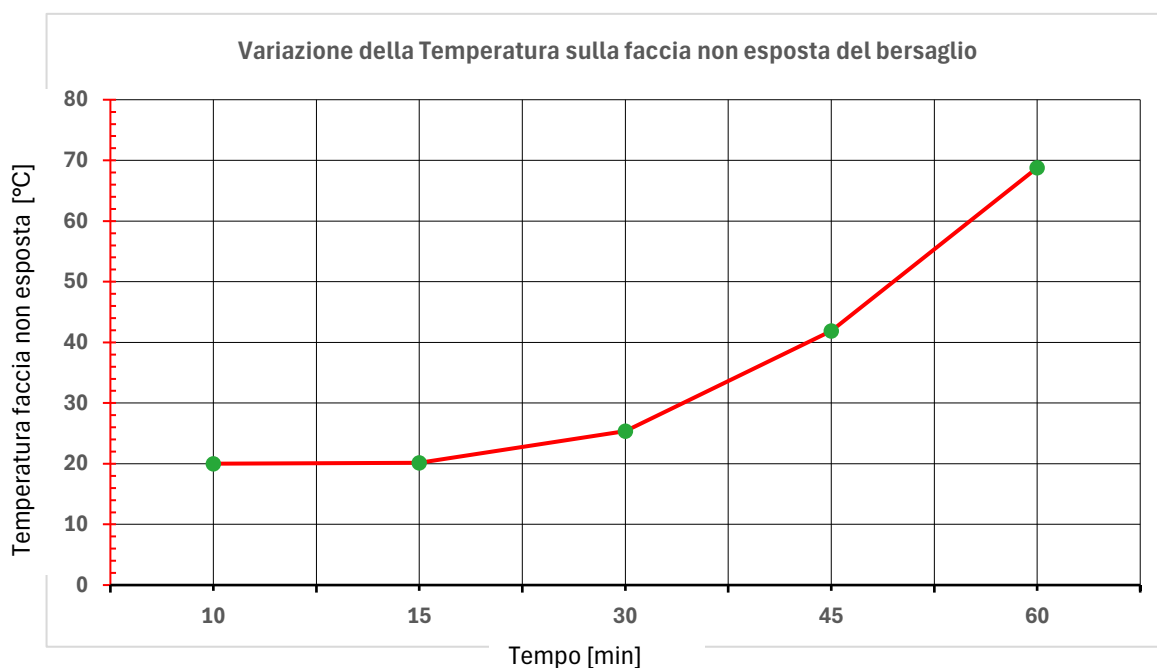
$$\text{- Step di calcolo} \quad \Delta t = 10,0 \text{ s}$$

- Coefficiente di Fourier $F_0 = 0,06629$ → Essendo $< 0,5$ la simulazione è stabile e valida

Variazioni della temperatura sulla faccia esposta direttamente alla sorgente e su quella non esposta

Tempo [min]	Temperatura sulla faccia esposta [°C]	Temperatura sulla faccia non esposta [°C]
$t_1 = 10$ min	243	20
$t_2 = 15$ min	294	20
$t_3 = 30$ min	410	25
$t_5 = 45$ min	498	42
$t_5 = 60$ min	573	69

La temperatura critica sulla faccia non esposta pari a **80 °C** è raggiunta al tempo $t =$ **66 min**

**Note:**

I risultati ottenuti evidenziano l'ottima inerzia termica della parete che consente, entro i tempi stimati (intervento IRAI, intervento impianti di estinzione automatica, resistenza al fuoco, dei tempi di esodo e dei tempi di intervento delle squadre di soccorso), di intervenire anche mediante l'utilizzo degli idranti interni e/o esterni, al fine di mantenere confinato l'incendio evitando la propagazione ad altri ambiti e in particolare a quelli ove sono stoccate altre batterie al litio.

Tabella delle temperature nei vari strati del bersaglio al variare del tempo

Step Δt	Tempo [min]	Temp. sulla faccia esposta [°C]	Numero di Strati												Temp. sulla faccia non esposta [°C]
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
10			12												
	Tempo [s]														
	0	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	10	33,33	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	20	44,89	20,88	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	30	55,03	22,42	20,06	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	40	64,03	24,42	20,21	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	50	72,11	26,77	20,48	20,02	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
	60	79,42	29,36	20,86	20,05	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

OMISSIS

VALUTAZIONE IRRAGGIAMENTO DA UN CONTENITORE DI BATTERIE AL LITIO A UN BERSAGLIO - Allegato A

Tabella delle temperature nei vari strati del bersaglio al variare del tempo

Step At	Tempo [min]	Temp. sulla faccia esposta [°C]	Numero di Strati												Temp. sulla faccia non esposta [°C]
			12												
10	Tempo [s]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		13770	1185,46	1089,15	1001,25	921,75	850,65	787,94	733,62	687,68	650,10	620,88	600,02	587,50	583,33
	13780	1186,02	1089,71	1001,80	922,30	851,21	788,50	734,18	688,23	650,65	621,44	600,57	588,05	583,88	
	13790	1186,58	1090,26	1002,36	922,86	851,76	789,05	734,73	688,79	651,21	621,99	601,12	588,61	584,44	
	13800	1187,13	1090,82	1002,92	923,42	852,32	789,61	735,29	689,34	651,76	622,54	601,68	589,16	584,99	
	13810	1187,69	1091,38	1003,47	923,98	852,87	790,17	735,84	689,90	652,32	623,10	602,23	589,71	585,54	
	13820	1188,25	1091,94	1004,03	924,53	853,43	790,72	736,40	690,45	652,87	623,65	602,78	590,27	586,10	
	13830	1188,81	1092,49	1004,59	925,09	853,99	791,28	736,95	691,00	653,42	624,20	603,34	590,82	586,65	
	13840	1189,36	1093,05	1005,15	925,65	854,54	791,83	737,51	691,56	653,98	624,76	603,89	591,37	587,20	
	13850	1189,92	1093,61	1005,70	926,20	855,10	792,39	738,06	692,11	654,53	625,31	604,44	591,93	587,75	
	13860	1190,48	1094,17	1006,26	926,76	855,66	792,95	738,62	692,67	655,09	625,87	605,00	592,48	588,31	
	13870	1191,03	1094,72	1006,82	927,32	856,21	793,50	739,17	693,22	655,64	626,42	605,55	593,03	588,86	
	13880	1191,59	1095,28	1007,37	927,87	856,77	794,06	739,73	693,78	656,20	626,97	606,11	593,59	589,41	
	13890	1192,15	1095,84	1007,93	928,43	857,32	794,61	740,28	694,33	656,75	627,53	606,66	594,14	589,97	
	13900	1192,71	1096,39	1008,49	928,99	857,88	795,17	740,84	694,89	657,30	628,08	607,21	594,69	590,52	
	13910	1193,26	1096,95	1009,05	929,54	858,44	795,72	741,39	695,44	657,86	628,63	607,77	595,25	591,07	
	13920	1193,82	1097,51	1009,60	930,10	858,99	796,28	741,95	696,00	658,41	629,19	608,32	595,80	591,63	
	13930	1194,38	1098,07	1010,16	930,66	859,55	796,84	742,51	696,55	658,97	629,74	608,87	596,35	592,18	
	13940	1194,94	1098,62	1010,72	931,21	860,11	797,39	743,06	697,11	659,52	630,30	609,43	596,91	592,73	
	13950	1195,49	1099,18	1011,27	931,77	860,66	797,95	743,62	697,66	660,07	630,85	609,98	597,46	593,29	
	13960	1196,05	1099,74	1011,83	932,33	861,22	798,50	744,17	698,22	660,63	631,40	610,53	598,01	593,84	
	13970	1196,61	1100,29	1012,39	932,88	861,77	799,06	744,73	698,77	661,18	631,96	611,09	598,57	594,39	
	13980	1197,16	1100,85	1012,94	933,44	862,33	799,61	745,28	699,33	661,74	632,51	611,64	599,12	594,95	
	13990	1197,72	1101,41	1013,50	934,00	862,89	800,17	745,84	699,88	662,29	633,07	612,19	599,67	595,50	
	14000	1198,28	1101,97	1014,06	934,55	863,44	800,73	746,39	700,43	662,85	633,62	612,75	600,23	596,05	
	14010	1198,84	1102,52	1014,62	935,11	864,00	801,28	746,95	700,99	663,40	634,17	613,30	600,78	596,61	
	14020	1199,39	1103,08	1015,17	935,67	864,56	801,84	747,50	701,54	663,95	634,73	613,85	601,33	597,16	
	14030	1199,95	1103,64	1015,73	936,22	865,11	802,39	748,06	702,10	664,51	635,28	614,41	601,89	597,71	
	14040	1200,51	1104,19	1016,29	936,78	865,67	802,95	748,61	702,65	665,06	635,83	614,96	602,44	598,27	
	14050	1201,07	1104,75	1016,84	937,34	866,22	803,50	749,17	703,21	665,62	636,39	615,51	602,99	598,82	
	14060	1201,62	1105,31	1017,40	937,89	866,78	804,06	749,72	703,76	666,17	636,94	616,07	603,55	599,37	
	14070	1202,18	1105,87	1017,96	938,45	867,34	804,62	750,28	704,32	666,73	637,50	616,62	604,10	599,93	
	14080	1202,74	1106,42	1018,51	939,01	867,89	805,17	750,83	704,87	667,28	638,05	617,18	604,65	600,48	
	14090	1203,29	1106,98	1019,07	939,56	868,45	805,73	751,39	705,43	667,83	638,60	617,73	605,21	601,03	
	14100	1203,85	1107,54	1019,63	940,12	869,01	806,28	751,94	705,98	668,39	639,16	618,28	605,76	601,59	
	14110	1204,41	1108,09	1020,18	940,68	869,56	806,84	752,50	706,54	668,94	639,71	618,84	606,31	602,14	
	14120	1204,97	1108,65	1020,74	941,23	870,12	807,39	753,06	707,09	669,50	640,27	619,39	606,87	602,69	
	14130	1205,52	1109,21	1021,30	941,79	870,67	807,95	753,61	707,65	670,05	640,82	619,94	607,42	603,25	
	14140	1206,08	1109,77	1021,85	942,34	871,23	808,51	754,17	708,20	670,61	641,37	620,50	607,97	603,80	
	14150	1206,64	1110,32	1022,41	942,90	871,79	809,06	754,72	708,76	671,16	641,93	621,05	608,53	604,35	
	14160	1207,19	1110,88	1022,97	943,46	872,34	809,62	755,28	709,31	671,71	642,48	621,60	609,08	604,91	
	14170	1207,75	1111,44	1023,53	944,01	872,90	810,17	755,83	709,87	672,27	643,04	622,16	609,63	605,46	
	14180	1208,31	1111,99	1024,08	944,57	873,46	810,73	756,39	710,42	672,82	643,59	622,71	610,19	606,01	
	14190	1208,86	1112,55	1024,64	945,13	874,01	811,28	756,94	710,98	673,38	644,14	623,27	610,74	606,57	
	14200	1209,42	1113,11	1025,20	945,68	874,57	811,84	757,50	711,53	673,93	644,70	623,82	611,29	607,12	
	14210	1209,98	1113,66	1025,75	946,24	875,12	812,40	758,05	712,08	674,49	645,25	624,37	611,85	607,67	
	14220	1210,54	1114,22	1026,31	946,80	875,68	812,95	758,61	712,64	675,04	645,81	624,93	612,40	608,23	
	14230	1211,09	1114,78	1026,87	947,35	876,24	813,51	759,16	713,19	675,60	646,36	625,48	612,96	608,78	
	14240	1211,65	1115,34	1027,42	947,91	876,79	814,06	759,72	713,75	676,15	646,91	626,03	613,51	609,33	
	14250	1212,21	1115,89	1027,98	948,47	877,35	814,62	760,27	714,30	676,70	647,47	626,59	614,06	609,89	
	14260	1212,76	1116,45	1028,54	949,02	877,90	815,17	760,83	714,86	677,26	648,02	627,14	614,62	610,44	
	14270	1213,32	1117,01	1029,09	949,58	878,46	815,73	761,38	715,41	677,81	648,58	627,70	615,17	610,99	
	14280	1213,88	1117,56	1029,65	950,14	879,02	816,29	761,94	715,97	678,37	649,13	628,25	615,72	611,55	
	14290	1214,43	1118,12	1030,21	950,69	879,57	816,84	762,49	716,52	678,92	649,68	628,80	616,28	612,10	

VALUTAZIONE IRRAGGIAMENTO DA UN CONTENITORE DI BATTERIE AL LITIO A UN BERSAGLIO - Allegato A

Tabella delle temperature nei vari strati del bersaglio al variare del tempo

Step Δt	Tempo [min]	Temp. sulla faccia esposta [°C]	Numero di Strati												Temp. sulla faccia non esposta [°C]	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
10			12													
	Tempo [s]															
	14300	1214,99	1118,68	1030,76	951,25	880,13	817,40	763,05	717,08	679,48	650,24	629,36	616,83	612,65		
	14310	1215,55	1119,23	1031,32	951,81	880,68	817,95	763,60	717,63	680,03	650,79	629,91	617,38	613,21		
	14320	1216,11	1119,79	1031,88	952,36	881,24	818,51	764,16	718,19	680,58	651,35	630,46	617,94	613,76		
	14330	1216,66	1120,35	1032,43	952,92	881,80	819,06	764,72	718,74	681,14	651,90	631,02	618,49	614,32		
	14340	1217,22	1120,90	1032,99	953,47	882,35	819,62	765,27	719,30	681,69	652,45	631,57	619,04	614,87		
	14350	1217,78	1121,46	1033,55	954,03	882,91	820,18	765,83	719,85	682,25	653,01	632,13	619,60	615,42		
	14360	1218,33	1122,02	1034,10	954,59	883,47	820,73	766,38	720,41	682,80	653,56	632,68	620,15	615,98		
	14370	1218,89	1122,58	1034,66	955,14	884,02	821,29	766,94	720,96	683,36	654,12	633,23	620,71	616,53		
	14380	1219,45	1123,13	1035,22	955,70	884,58	821,84	767,49	721,52	683,91	654,67	633,79	621,26	617,08		
	14390	1220,00	1123,69	1035,77	956,26	885,13	822,40	768,05	722,07	684,47	655,22	634,34	621,81	617,64		
	14400	1220,56	1124,25	1036,33	956,81	885,69	822,95	768,60	722,63	685,02	655,78	634,89	622,37	618,19		
	240															