

Settimana della Sicurezza

Lavorare in estate è un problema da gestire adesso

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Tecnologie innovative per la gestione del rischio caldo

ing. Simona Del Ferraro

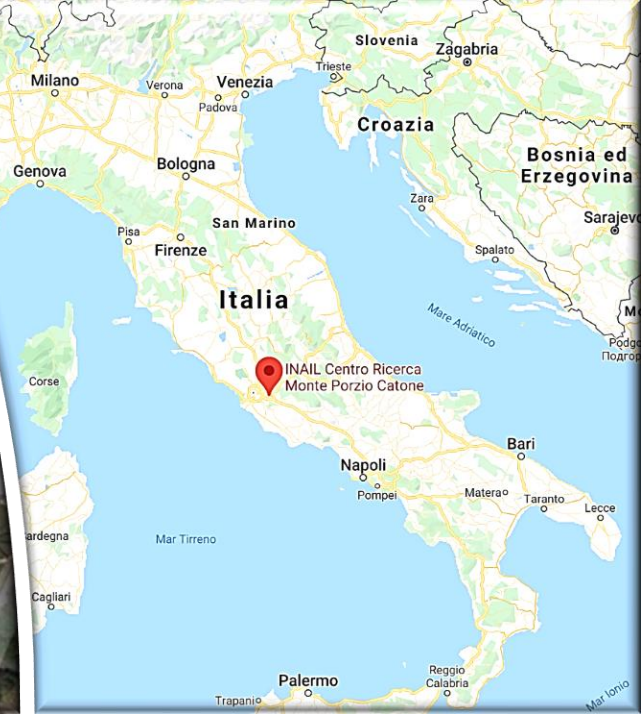
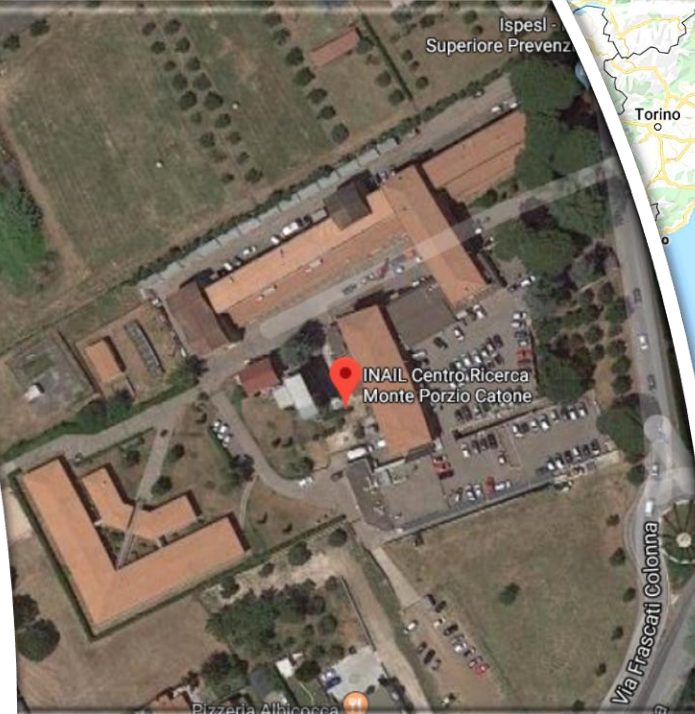
INAIL

INAIL

*Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale
Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia*

Imola, 11 novembre 2025

Il Centro Ricerche INAIL di Monte Porzio Catone (Rm)



INAIL

Dipartimento di Medicina,
Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed
Ambientale - DiMEILA

LABORATORIO DI ERGONOMIA E FISIOLOGIA (LEF)

Camera climatica

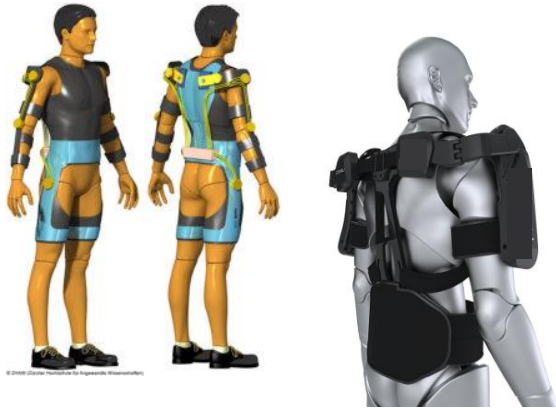


Laboratorio Analisi del movimento



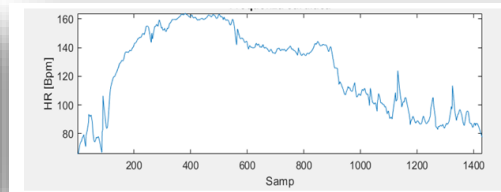
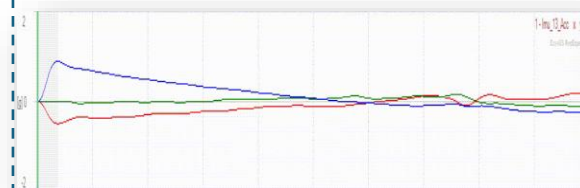
Biomeccanica Occupazionale

esoscheletri occupazionali
(Industria 4.0)



Esposizione ad ambienti termici

Monitoraggio termofisiologico



Abbigliamento refrigerante

Morris et al. *Environmental Health* (2020) 19:95
<https://doi.org/10.1186/s12940-020-00641-7>

Environmental Health

REVIEW

Open Access

Sustainable solutions to mitigate occupational heat strain – an umbrella review of physiological effects and global health perspectives

Nathan B. Morris^{1*}, Ollie Jay², Andreas D. Flouris³, Ana Casanueva^{4,5}, Chuansi Gao⁶, Josh Foster⁷, George Havenith⁷ and Lars Nybo¹



Vengono analizzati diversi interventi per alleviare gli effetti del caldo

- Condizionamento dell'ambiente;
- Cooling garments;
- Adattamento fisiologico (acclimatamento)
- Raffreddamento di parti del corpo

Soluzioni innovative indossabili per contrastare gli effetti del caldo: gli abbigliamento refrigeranti

Liquid cooling garments (LCGs)



basati su un sistema che fa circolare acqua fredda attraverso una maglietta o un indumento foderato con un tubo

Evaporative cooling garment (ECGs)



utilizzano il processo naturale di evaporazione. Vengono immersi in acqua. L'acqua inizierà ad evaporare ed il calore di chi lo indossa verrà trasferito all'aria

Phase Change Materials (PCMs)



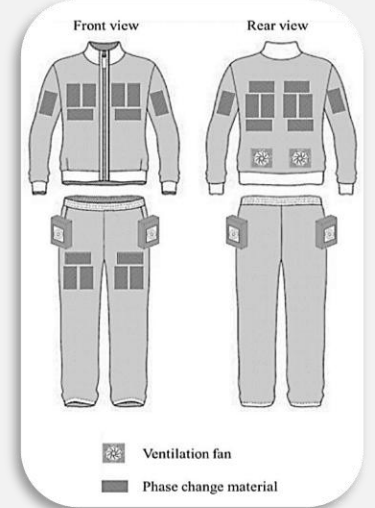
assorbono energia termica quando passano dallo stato solido a quello liquido e rilasciano calore quando ritornano allo stato solido

Ventilation jacket



Giacche dotate di due ventole

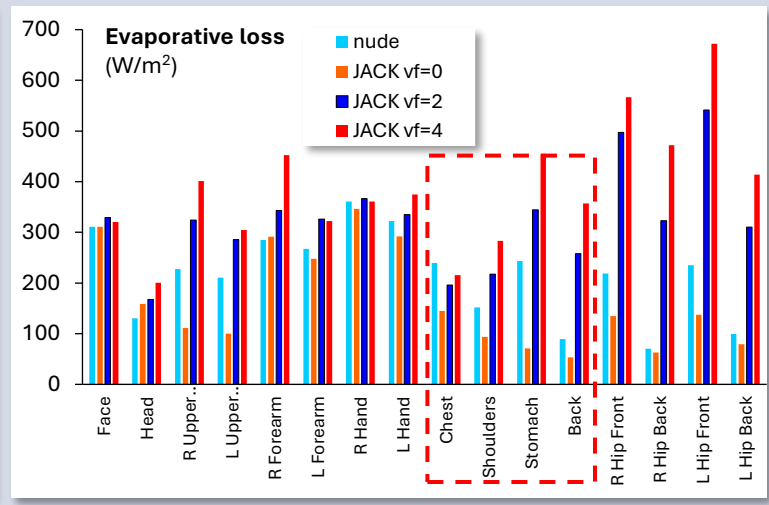
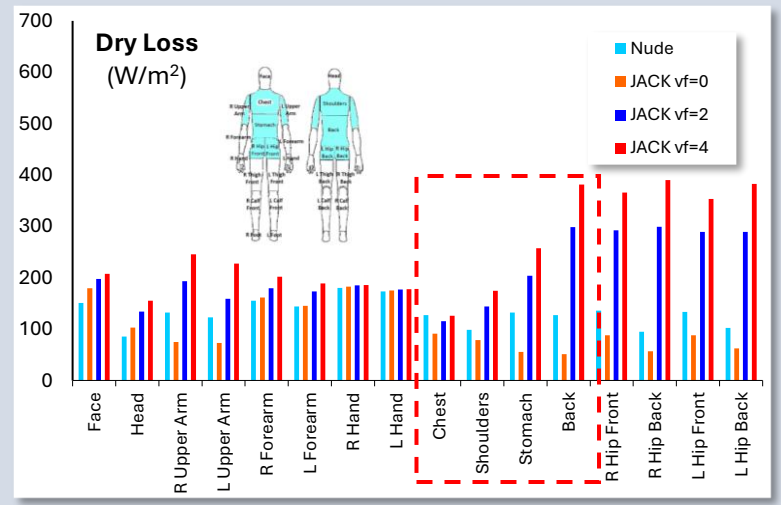
Hybrid cooling garments (HCGs)



Combinazione di due sistemi di raffreddamento (spesso PCM e ventole, oppure PCM e evaporativi)

Il rationale

DRY E WET TEST



International Journal of Industrial Ergonomics 103 (2021) 103290

Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Industrial Ergonomics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ergon

Check for updates

Cooling garments against environmental heat conditions in occupational fields: measurements of the effect of a ventilation jacket on the total thermal insulation

Simona Del Ferraro^{a,b}, Tiziana Falcone^{a,b}, Marco Morabito^{c,d}, Alessandro Messeri^{c,d}, Michela Bonafede^e, Alessandro Marinaccio^e, Chuansi Gao^f, Vincenzo Molinaro^g



Environmental Research 212 (2022) 113475

Contents lists available at ScienceDirect

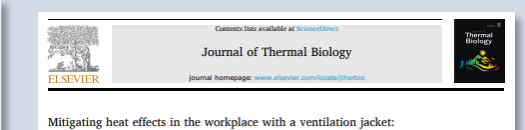
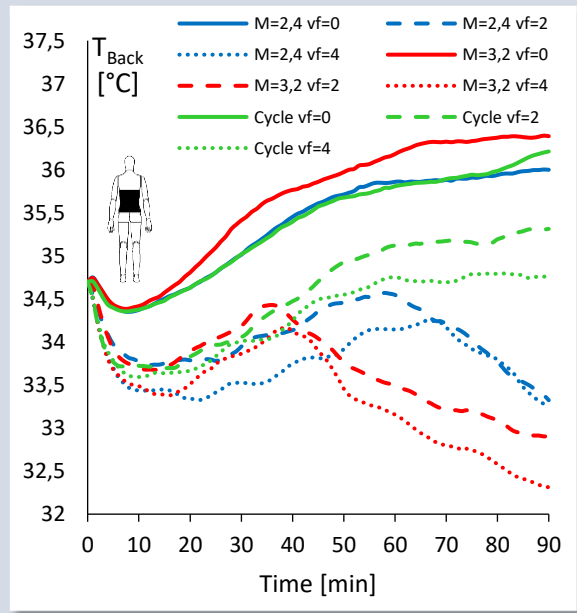
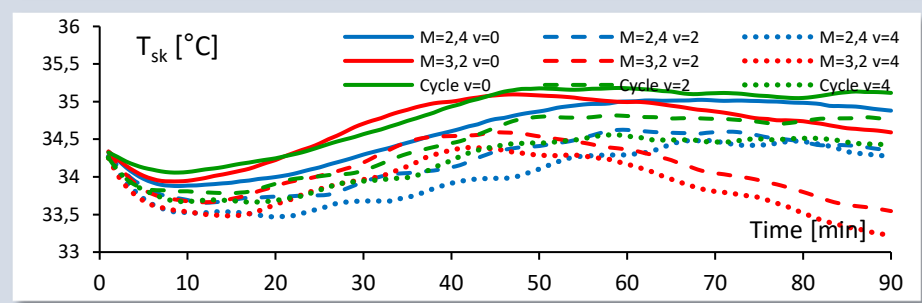
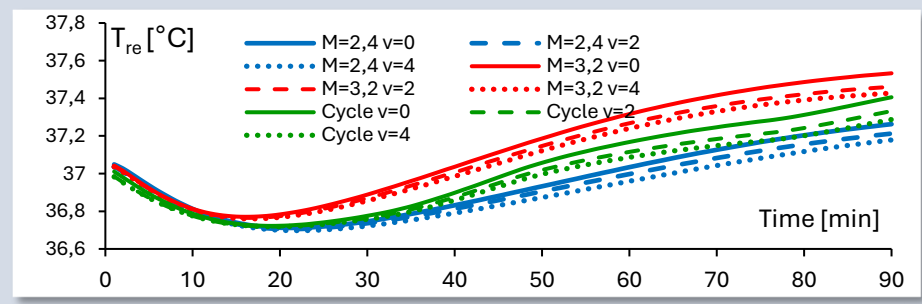
Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/environres

A potential wearable solution for preventing heat strain in workplaces: The cooling effect and the total evaporative resistance of a ventilation jacket

Simona Del Ferraro^{a,b}, Tiziana Falcone^{a,b}, Marco Morabito^{c,d}, Alessandro Messeri^{c,d}, Michela Bonafede^e, Alessandro Marinaccio^e, Chuansi Gao^f, Vincenzo Molinaro^g

TEST FISILOGICICI



Journal of Thermal Biology 113 (2022) 103590

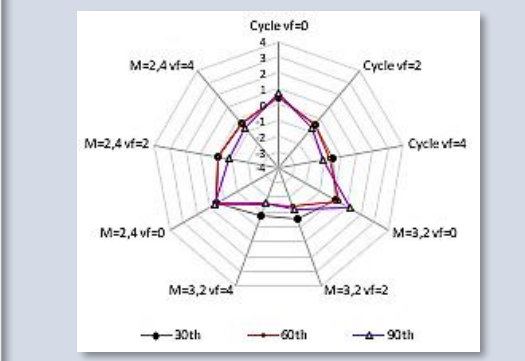
Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Thermal Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jtherbio

Mitigating heat effects in the workplace with a ventilation jacket: Simulations of the whole-body and local human thermophysiological response with a sweating thermal manikin in a warm-dry environment

Simona Del Ferraro^{a,b}, Tiziana Falcone^a, Marco Morabito^{b,c}, Michela Bonafede^d, Alessandro Marinaccio^e, Chuansi Gao^f, Vincenzo Molinaro^g



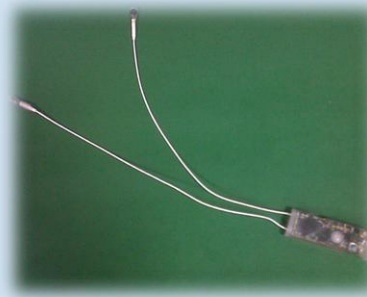
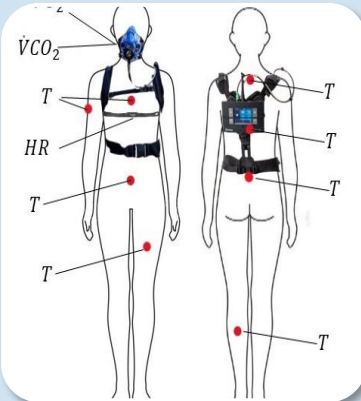
Il setup sperimentale

Misure dei parametri ambientali



- Temperatura dell'aria
- Velocità dell'aria
- Umidità relativa
- Temperatura del globo
- Temperatura bulbo umido a ventilazione naturale
- Calcolo della temperatura media radiante

Misure dei parametri termofisiologici



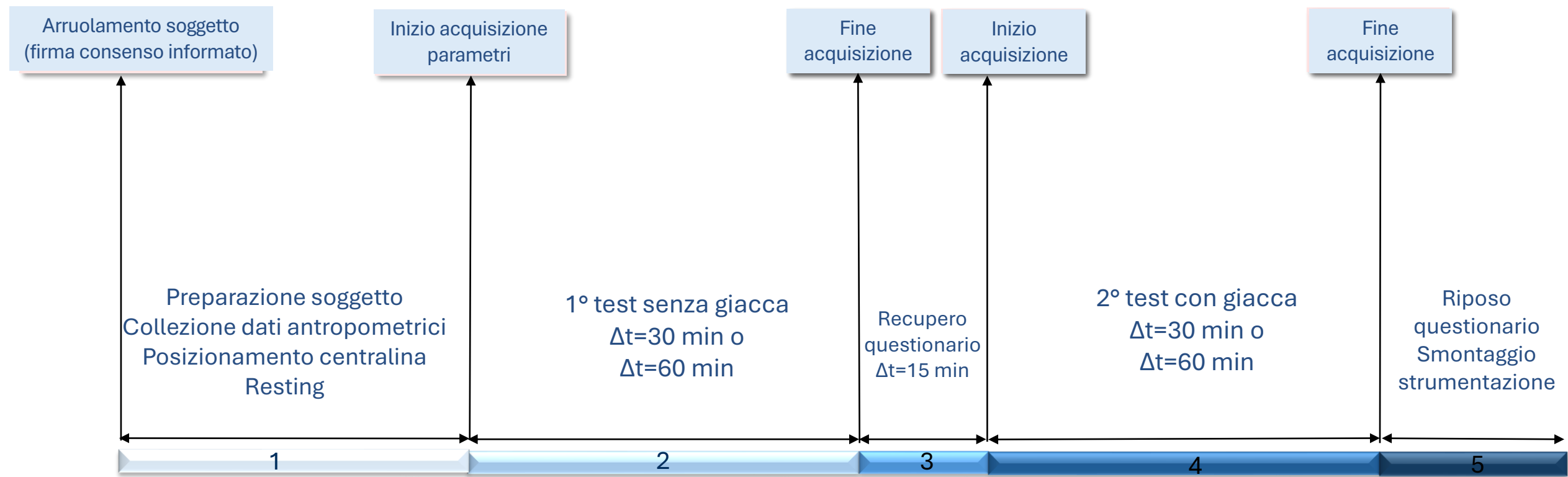
- Consumo di ossigeno e produzione di anidride carbonica
- Frequenza cardiaca
- Temperatura della pelle in specifici punti del corpo

Questionari



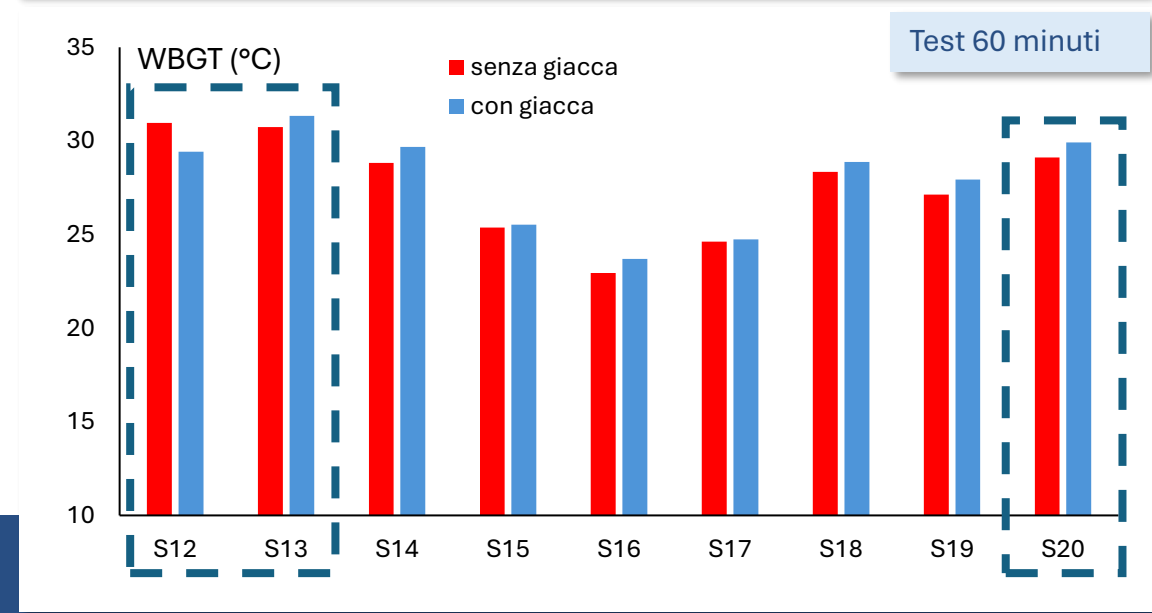
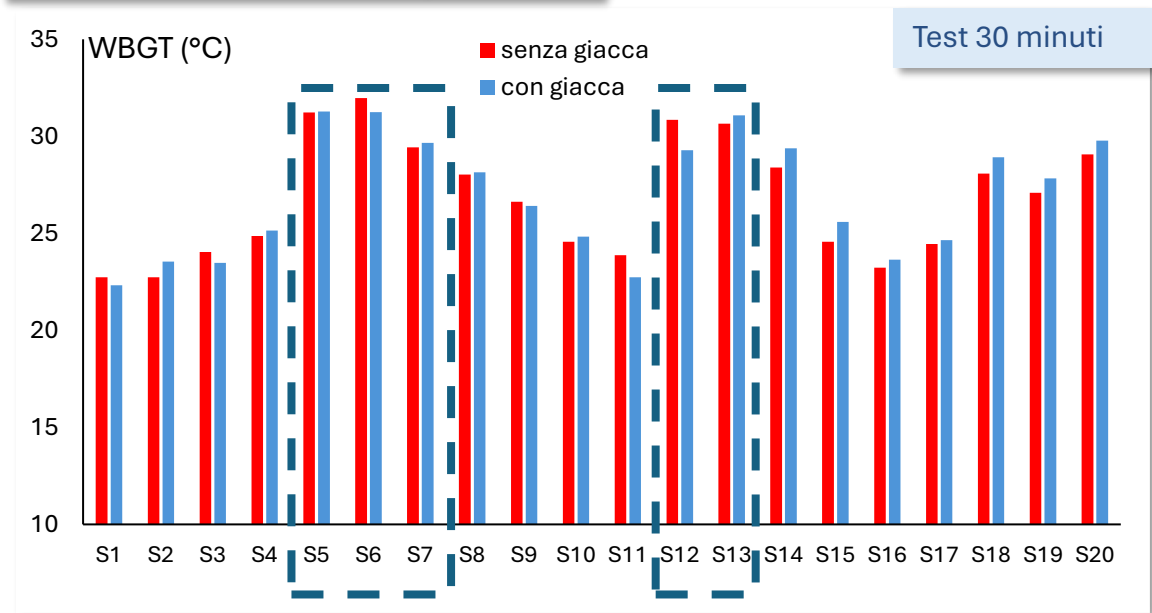
- Sintomi percepiti (sudorazione, stanchezza, sete, vertigini, spossatezza, confusione, difficoltà a respirare)
- Sensazione termica globale e locale
- Usabilità ed accettabilità

Il protocollo sperimentale



I parametri ambientali

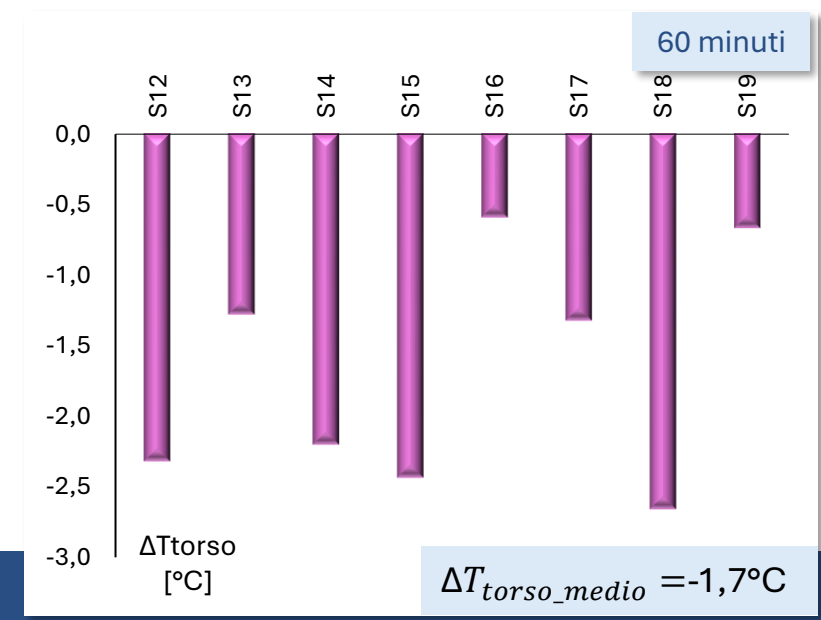
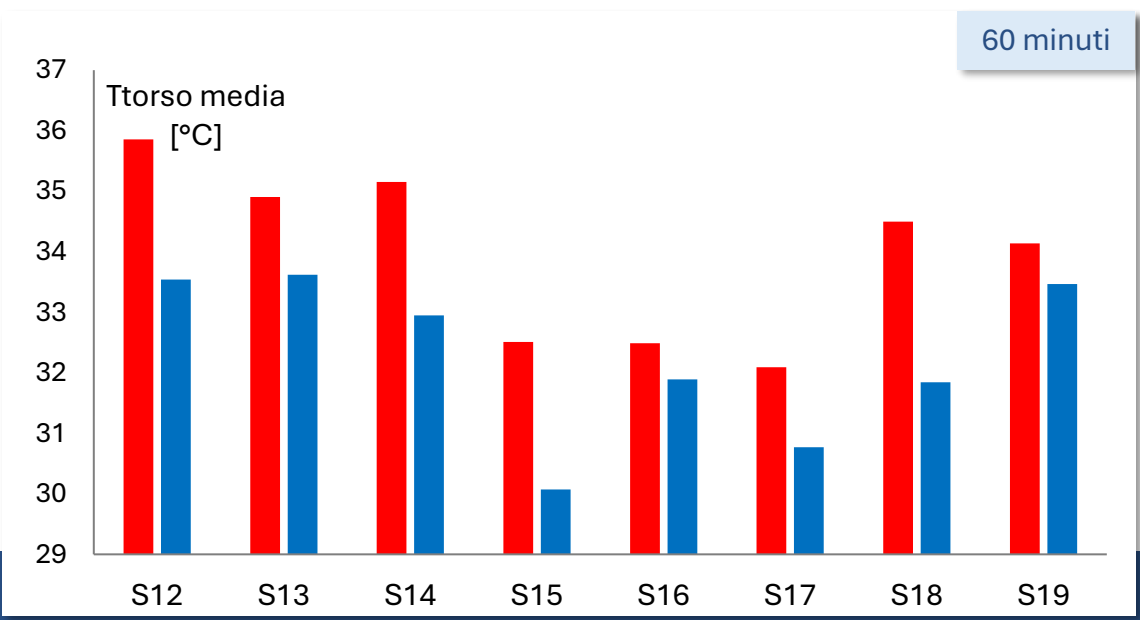
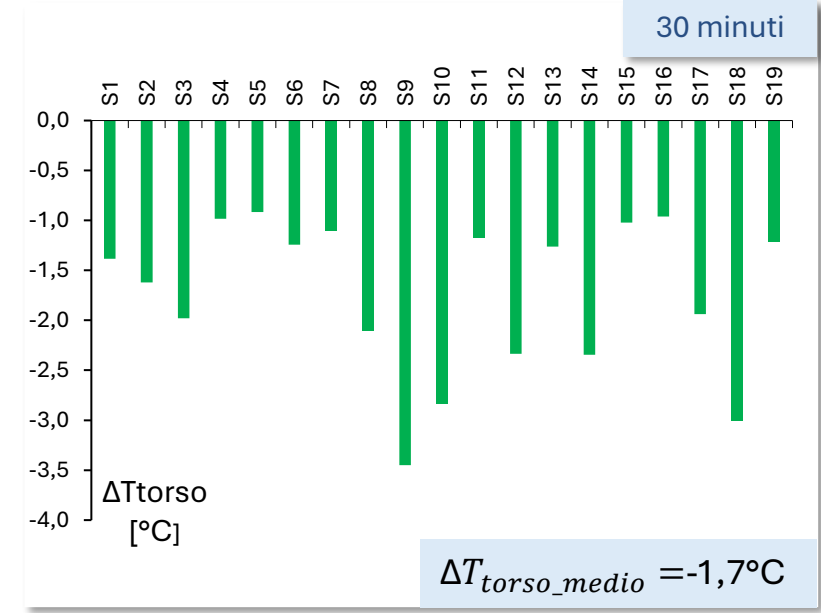
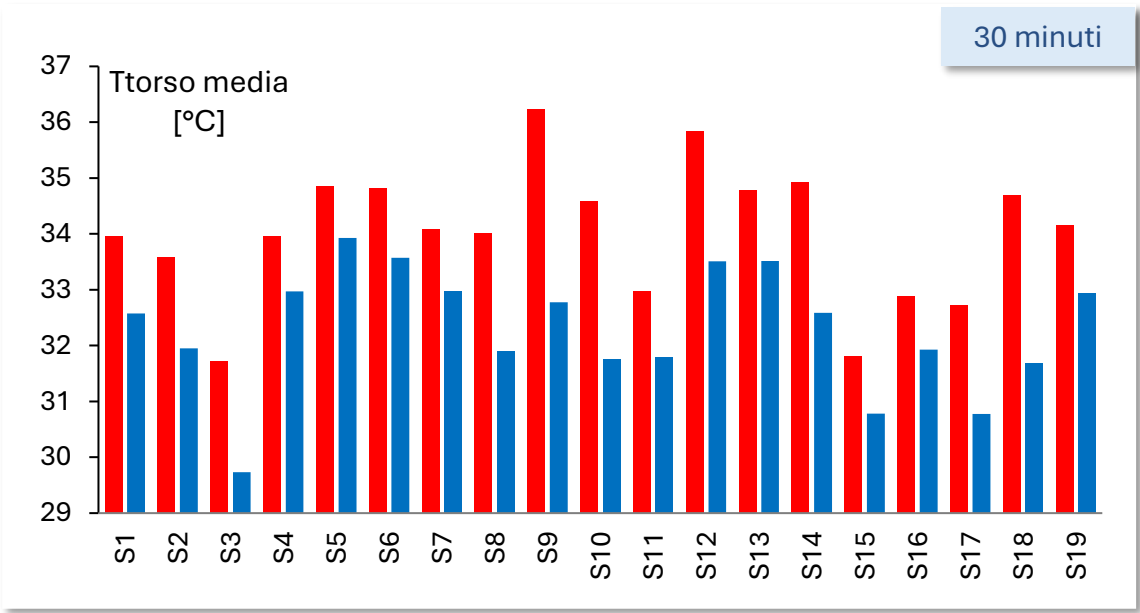
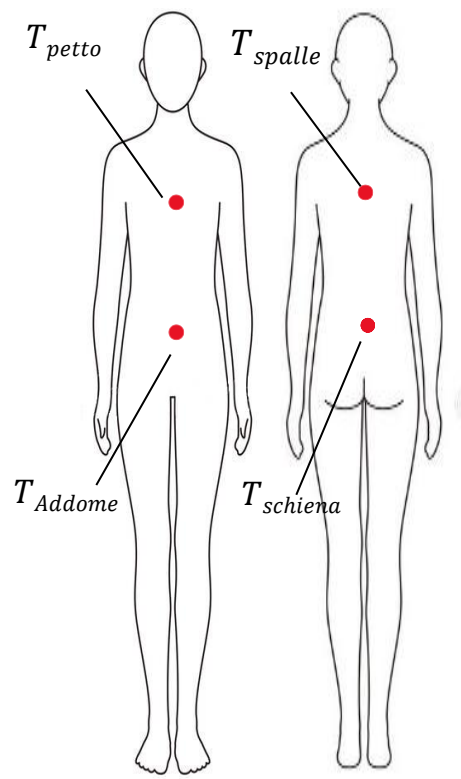
$$WBGT = 0.7 \cdot t_{nw} + 0.3 \cdot t_g + 0.1 \cdot t_a$$



	Metabolismo energetico (W)		classe metabolica		WBGT (°C)		WBGTref secondo le equazioni (1) e (2)			
	senza giacca	con giacca	senza giacca	con giacca	senza giacca	con giacca	senza giacca		con giacca	
					acc	non acc	acc	non acc	acc	non acc
S1	366,0	296,2	3	2	22,7	22,1	27,2	23,8	28,3	25,1
S2		354,1		2	22,7	23,4				24,0
S3	318,0	346,7	2	2	24,2	23,5	27,9	24,6	27,5	24,1
S4	422,6	339,7	3	2	24,9	25,3	26,5	22,9	27,6	24,2
S5	231,8	255,6	1	2	31,2	31,3	29,5	26,6	29,0	26,0
S6	255,8	249,3	2	2	31,9	31,2	29,0	25,9	29,1	26,1
S7	380,5	348,6	3	2	29,4	29,7	27	23,5	27,5	24,1
S8	255	240,7	2	2	28,1	29	29	26	29,3	26,3
S9	697,8	529,9	4	4	26,4	26,4	24	19,8	25,4	21,5
S10	275,3	313,7	2	2	24,6	24,8	28,6	25,5	28	24,7
S11	301,3	297,6	2	2	23,9	22,7	28,2	24,9	28,3	25
S12	385,8	392,8	3	3	30,8	29,3	27	23,4	26,9	23,3
S13	328,3	300,4	2	2	30,7	31,1	27,8	24,4	28,2	25
S14	285,3	303,2	2	2	28,4	29,4	28,5	25,3	28,2	24,9
S15	409,7	418,3	3	3	24,6	25,6	26,7	23,1	26,6	22,9
S16	270,3	261,6	2	2	23,2	23,6	28,7	25,6	28,9	25,8
S17	370	338,9	3	2	24,5	24,6	27,2	23,7	27,6	24,2
S18	587,1	384,5	4	3	28,1	28,9	24,9	20,9	27	23,5
S19	377,1	332,3	3	2	27,1	27,8	27,1	23,6	27,7	24,3
S20	306,2	462,8	2	3	29,1	29,8	28,1	24,8	26	22,3

Temperatura media del torso

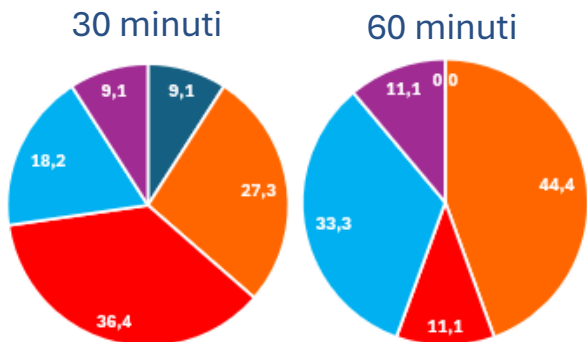
$$T_{torso} = (T_{Chest} + T_{abdomen} + T_{Shoulders} + T_{Back})/4$$



Sudorazione

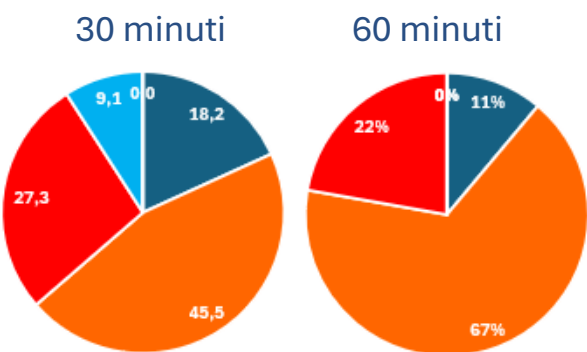
Senza giacca

- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa



Con giacca

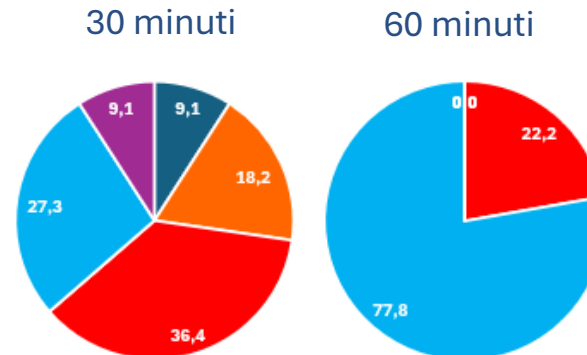
- 1 Nessuna o molto legger.
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intens.



Sete

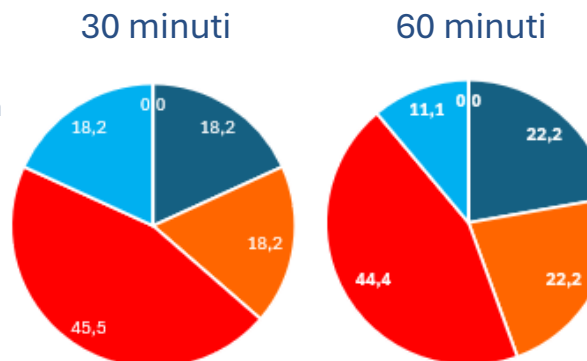
Senza giacca

- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa



Con giacca

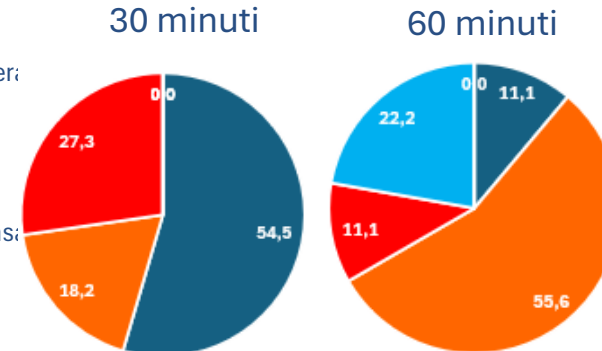
- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa



Stanchezza

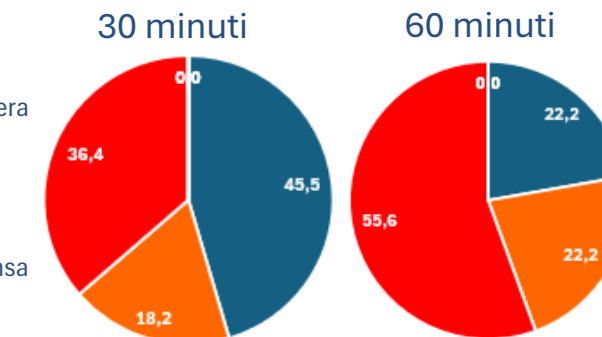
Senza giacca

- 1 Nessuna o molto legger:
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa:



Con giacca

- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa



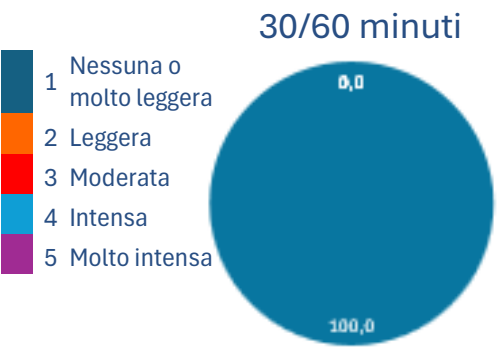
Il questionario: sintomi percepiti

Quali segni/sintomi hai percepito mediamente negli ultimi 30 minuti?

Vertigini

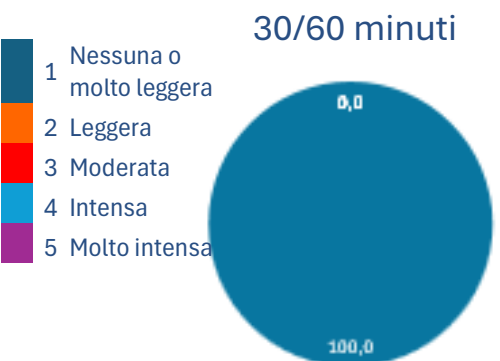
Senza giacca

- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa



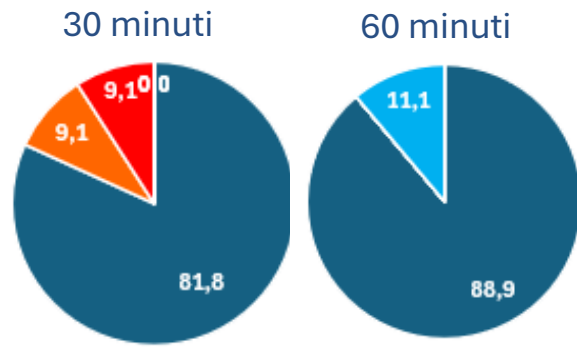
Con giacca

- 1 Nessuna o molto leggera
- 2 Leggera
- 3 Moderata
- 4 Intensa
- 5 Molto intensa

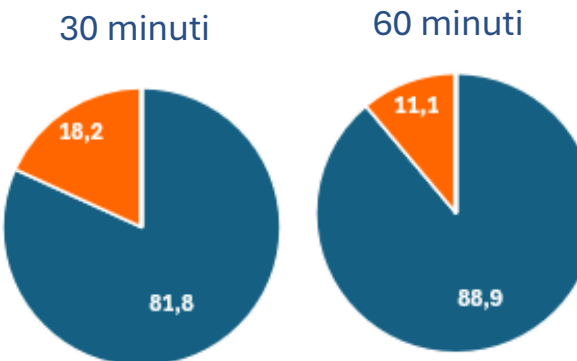


Spossatezza

Senza giacca

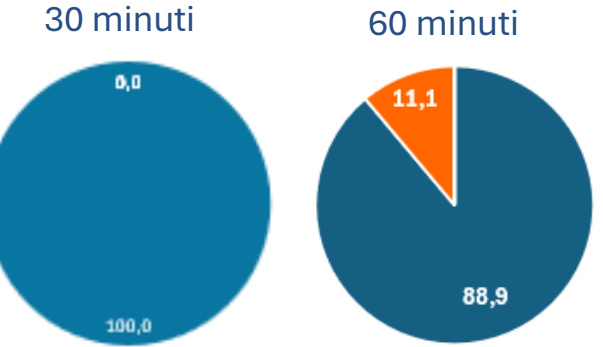


Con giacca

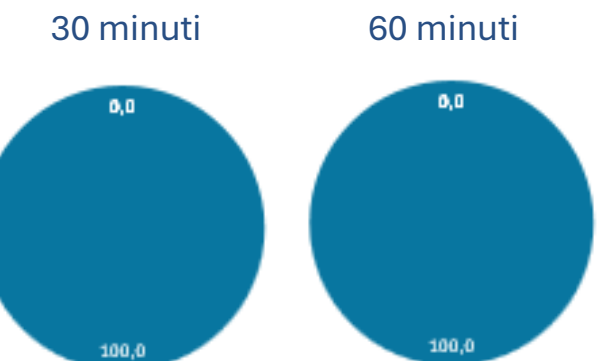


Confusione

Senza giacca

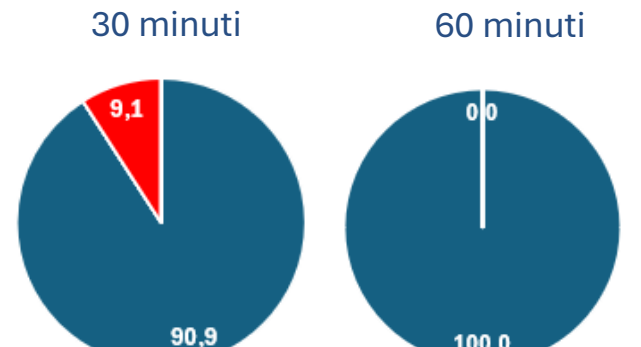


Con giacca

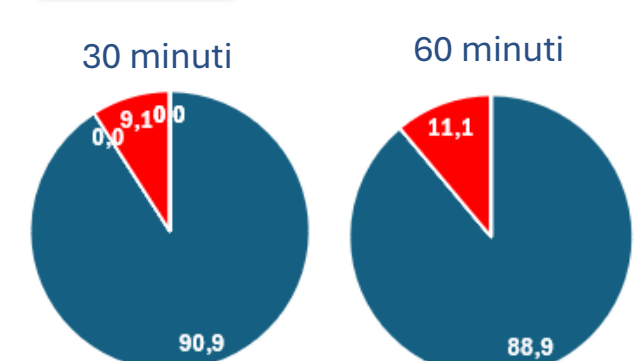


Difficoltà a respirare

Senza giacca



Con giacca



Il questionario: le sensazioni termiche

■ molto caldo ■ caldo ■ tiepido ■ leggermente tiepido ■ neutro ■ leggermente fresco ■ fresco ■ freddo ■ molto freddo

Compressivamente
come si è sentito?

Come ti sei sentito
nel petto?

Come ti sei sentito
nell'addome?

Come ti sei sentito
alle spalle?

Come ti sei sentito
nella schiena?

Senza giacca

Senza giacca

Senza giacca

Senza giacca

Senza giacca

30 minuti

60 minuti

30 minuti

60 minuti

30 minuti

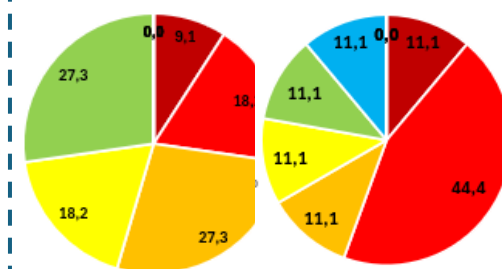
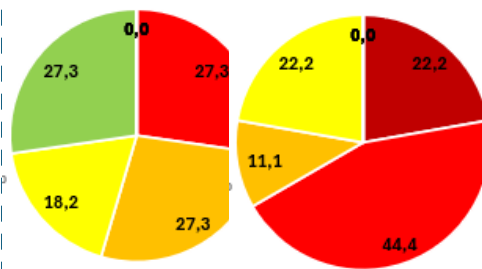
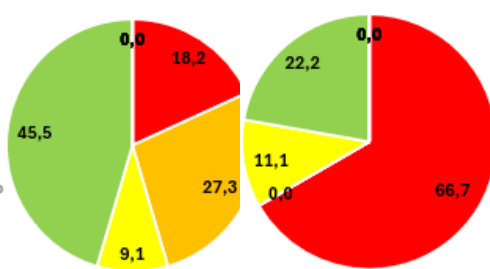
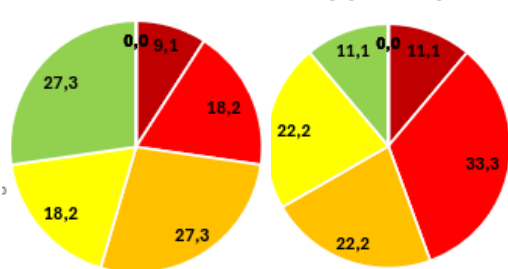
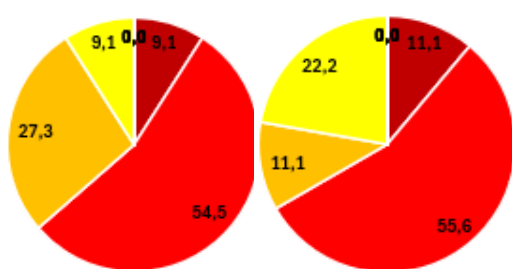
60 minuti

30 minuti

60 minuti

30 minuti

60 minuti



Con giacca

Con giacca

Con giacca

Con giacca

Con giacca

30 minuti

60 minuti

30 minuti

60 minuti

30 minuti

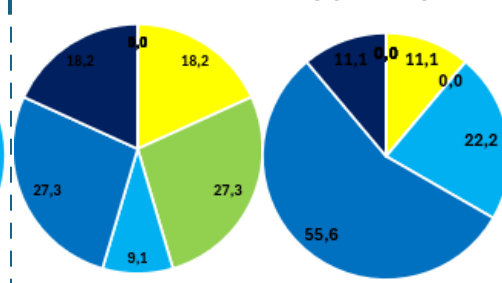
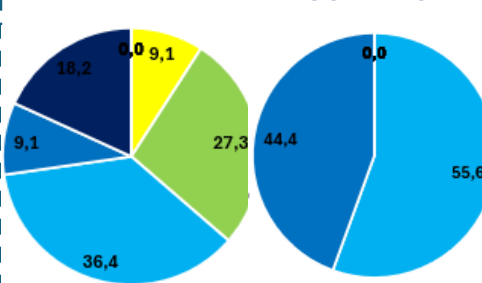
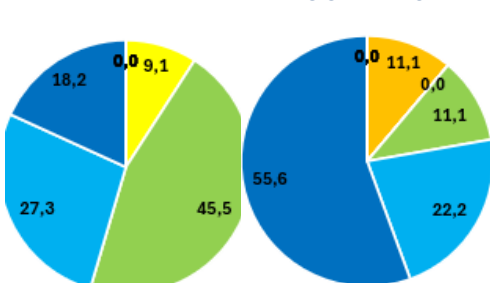
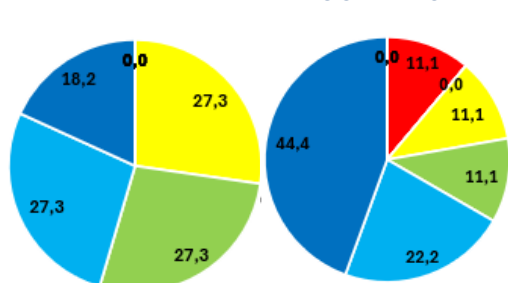
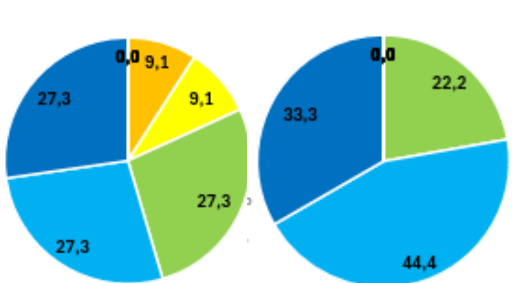
60 minuti

30 minuti

60 minuti

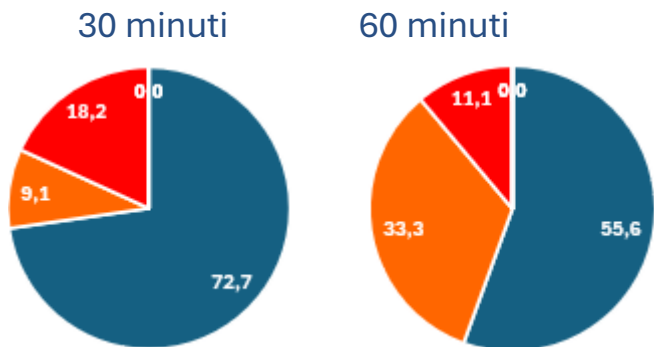
30 minuti

60 minuti

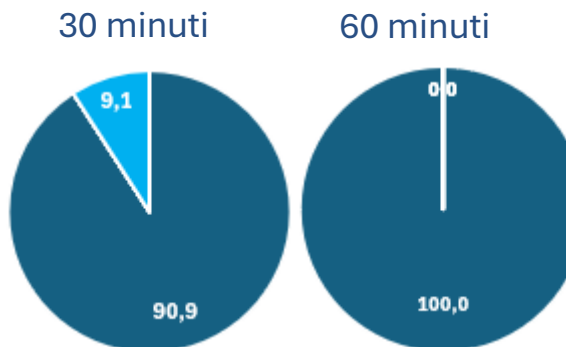


Questionario: usabilità e accettabilità

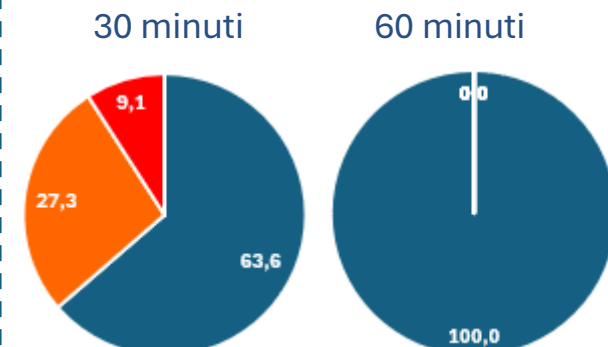
Domanda 1
La giacca ventilata ostacola i miei movimenti



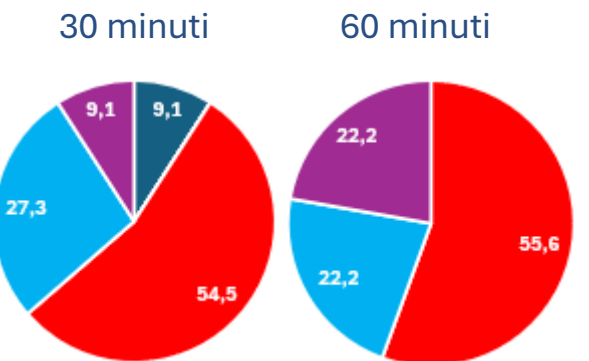
Domanda 2
La giacca ventilata è pesante



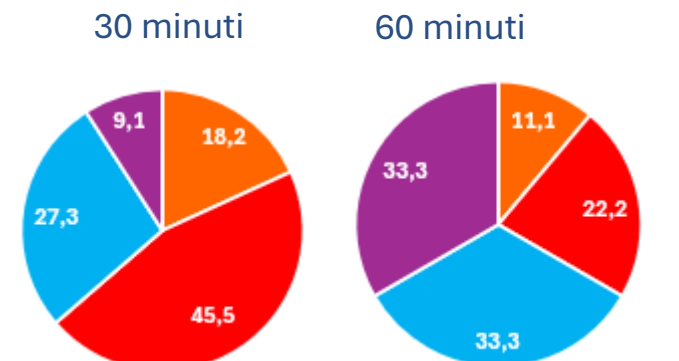
Domanda 3
La giacca ventilata mi rallenta durante il lavoro



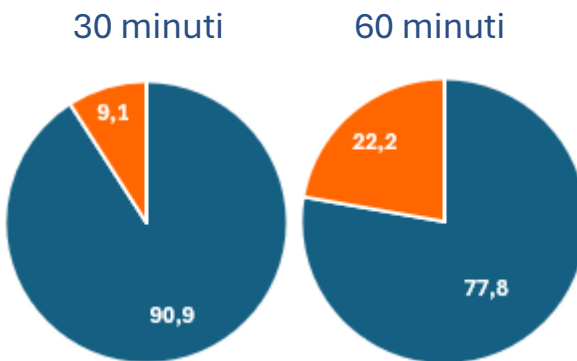
Domanda 4
La giacca ventilata riduce la mia sensazione di caldo



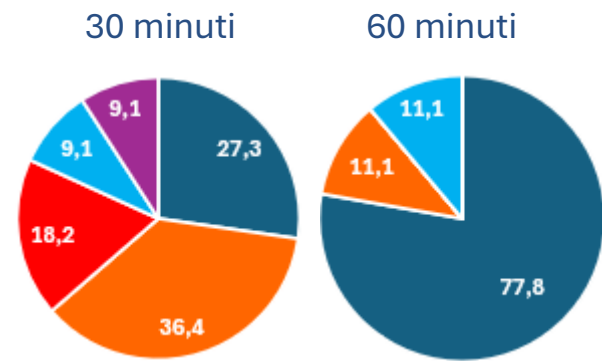
Domanda 5
Userai la giacca ventilata se potessi averla a disposizione durante i lavori al caldo



Domanda 6
L'intensità della ventilazione della giacca ventilata è eccessiva per me



Domanda 7
L'intensità della ventilazione della giacca ventilata è insufficiente per me





Grazie per l'attenzione