

Roma, 24 marzo 2026

Giulia Guerri e Marco Morabito



INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Strumenti per l'analisi della produttività in relazione alle condizioni microclimatiche e descrizione dei casi studio nelle aziende



**Consiglio Nazionale
delle Ricerche**

INAIL

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



Servizio Sanitario della Toscana



Servizio Sanitario della Toscana



CONSORZIO
LaMMA



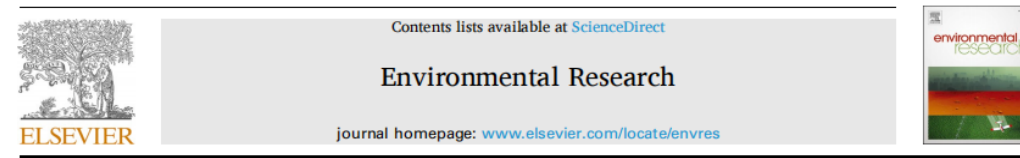
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA DI BOLOGNA

Il caldo in ambito occupazionale: impatto sulla produttività

Marinaccio et al., 2025

Articolo scientifico pubblicato in "Environmental Research"

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120844>



Climate change and occupational health and safety. Risk of injuries, productivity loss and the co-benefits perspective

A. Marinaccio^{a,*}, C. Gariazzo^a, L. Taiano^a, M. Bonafede^a, D. Martini^b, S. D'Amario^b, F. de' Donato^c, M. Morabito^d, Worklimate working group¹

>4.000

infortuni/anno
caldo-correlati
in Italia (dati 2014-2019)

2M+

casi esaminati
periodo 2014-2019

49 M €

costo annuo
per infortuni sul lavoro
caldo-correlati

Fino a 80%

diminuzione della
Produttività

⚠ Il caldo riduce la capacità lavorativa — quantificarlo è fondamentale per politiche di prevenzione efficaci

⚠ Perché misurare la perdita

I lavoratori si adattano al calore rallentando il ritmo — il **presenteismo termico** genera perdite superiori all'assenteismo, spesso invisibili ai metodi tradizionali.

📄 Dati per politiche efficaci

Senza dati quantitativi, le aziende modificano gli orari in modo arbitrario. Strumenti come Worklimate 2.0 consentono decisioni basate su evidenze, per settore e area geografica.

🌐 Sfida del cambiamento climatico

Le temperature medie globali continueranno a salire. Le perdite di produttività si moltiplicheranno: valutare attentamente il problema è fondamentale per adattarsi.



Strumenti per l'analisi della produttività in relazione alle condizioni microclimatiche e descrizione dei casi studio nelle aziende — **Giulia Guerri**

24/03/2026



Stima della diminuzione dell'efficienza lavorativa caldo-correlata in presenza al lavoro

PRESENTEISMO DOVUTO ALL'ESPOSIZIONE AL CALDO

«presenza al lavoro con una diminuzione dell'efficienza lavorativa»

Heat-related productivity loss: benefits derived by working in the shade or work-time shifting

Marco Morabito, Alessandro Messeri, Alfonso Crisci, Junzhe Bao, Rui Ma, Simone Orlandini, Cunrui Huang, Tord Kjellstrom

International Journal of Productivity and Performance Management

ISSN: 1741-0401

DOWNLOADS



Int J Biometeorol
DOI 10.1007/s00484-017-1346-9



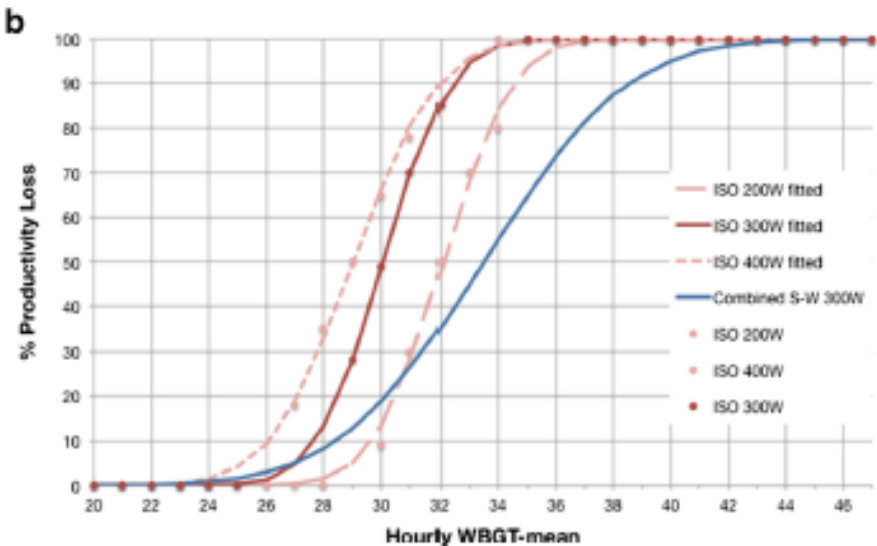
SPECIAL ISSUE ON TRANS-DISCIPLINARY APPROACHES TO CLIMATE CHANGE

Estimated work ability in warm outdoor environments depends on the chosen heat stress assessment metric

Peter Bröde¹ • Dusan Fiala² • Bruno Lemke³ • Tord Kjellstrom^{4,5}



Strumenti per l'analisi della produttività in relazione alle condizioni microclimatiche e descrizione dei casi studio nelle aziende – **Giulia Guerri**



$$= \max \left\{ 0; \min \left[1; \left(\frac{\text{WBGT}_{\text{lim,rest}} - \text{WBGT}}{\text{WBGT}_{\text{lim,rest}} - \text{WBGT}_{\text{lim}}} \right) \right] \right\}$$

$$\text{WBGT}_{\text{lim,NIOSH}} = 56.7 - 11.5 \times \log_{10} M$$

$$M_{\text{rest}} = 117 \text{ W}$$

24/03/2026



Worklimate 2.0 — Piattaforma previsionale in tempo reale

Riepilogo

Profili

Feedback

Account Stakeholder

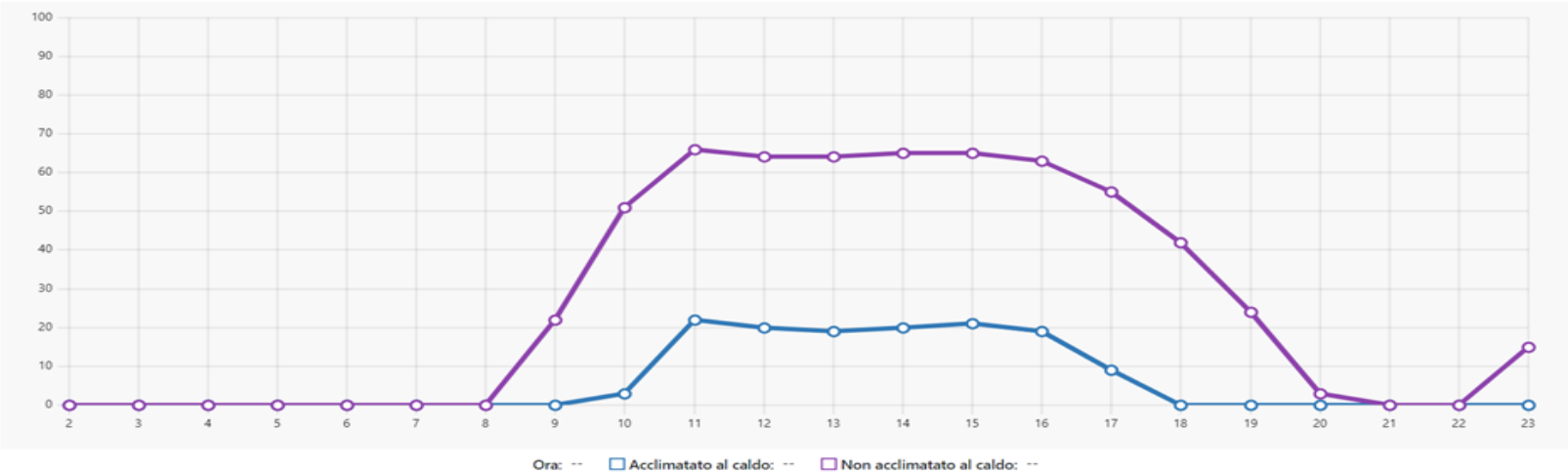
Logout

aggiungi	Profilo	Avvisi	Previsioni	Produttività	Informazioni
⚙️	Profilo default	ON	vedi	vedi	Profilo personalizzato Altezza: 183cm, Peso: 75kg, Settore di occupazione: Agricoltura, Esposizione prevalente: sole, Livello attività fisica: molto alto, DPI: Tuta non traspirante con cappuccio monostrato. Scarpe antinfortunistiche / stivali corti, Casco data inserimento 25/03/2022
⚙️	Venezia	ON	vedi	vedi	Ormeggiatore e controllo in piazzale Altezza: 1,75cm, Peso: 75kg, Settore di occupazione: Fornitura di energie e gas, Esposizione prevalente: sole, Livello attività fisica: basso, DPI: Scarpe antinfortunistiche / stivali corti, data inserimento 28/03/2022
⚙️	Napoli	ON	vedi	vedi	Profilo personalizzato Altezza: 183cm, Peso: 76kg, Settore di occupazione: Cave e miniere, Esposizione prevalente: sole, Livello attività fisica: molto alto, DPI: Tuta non traspirante con cappuccio monostrato. Scarpe antinfortunistiche / stivali corti, data inserimento 28/03/2022



Previsione della potenziale perdita di produttività lavorativa oraria legata al caldo

Calo del livello di produttività oraria espresso in percentuale: mar, 19 lug 2022



Sviluppo di una WebGIS (Geographical Information System) per la stima della perdita della produttività

Industrial Health

Journal home Advance online publication All issues About the journal

J-STAGE home / Industrial Health / Volume 64 (2026) Issue 1 / Article overview

Original Article

Nationwide heat-related workability loss and adaptation measures: development of a geospatial tool to support work management in heat conditions

Giulia GUERRI, Alfonso CRISCI, Valerio CAPECCHI, Michela BONAFEDE, Alessandro MARINACCIO, Marco MORABITO

Author information

Keywords: Early morning shifts, Heat-related productivity loss, Heat safety policies, Rescheduling working hours, Wet Bulb Globe Temperature

JOURNAL FREE ACCESS

2026 Volume 64 Issue 1 Pages 3-16

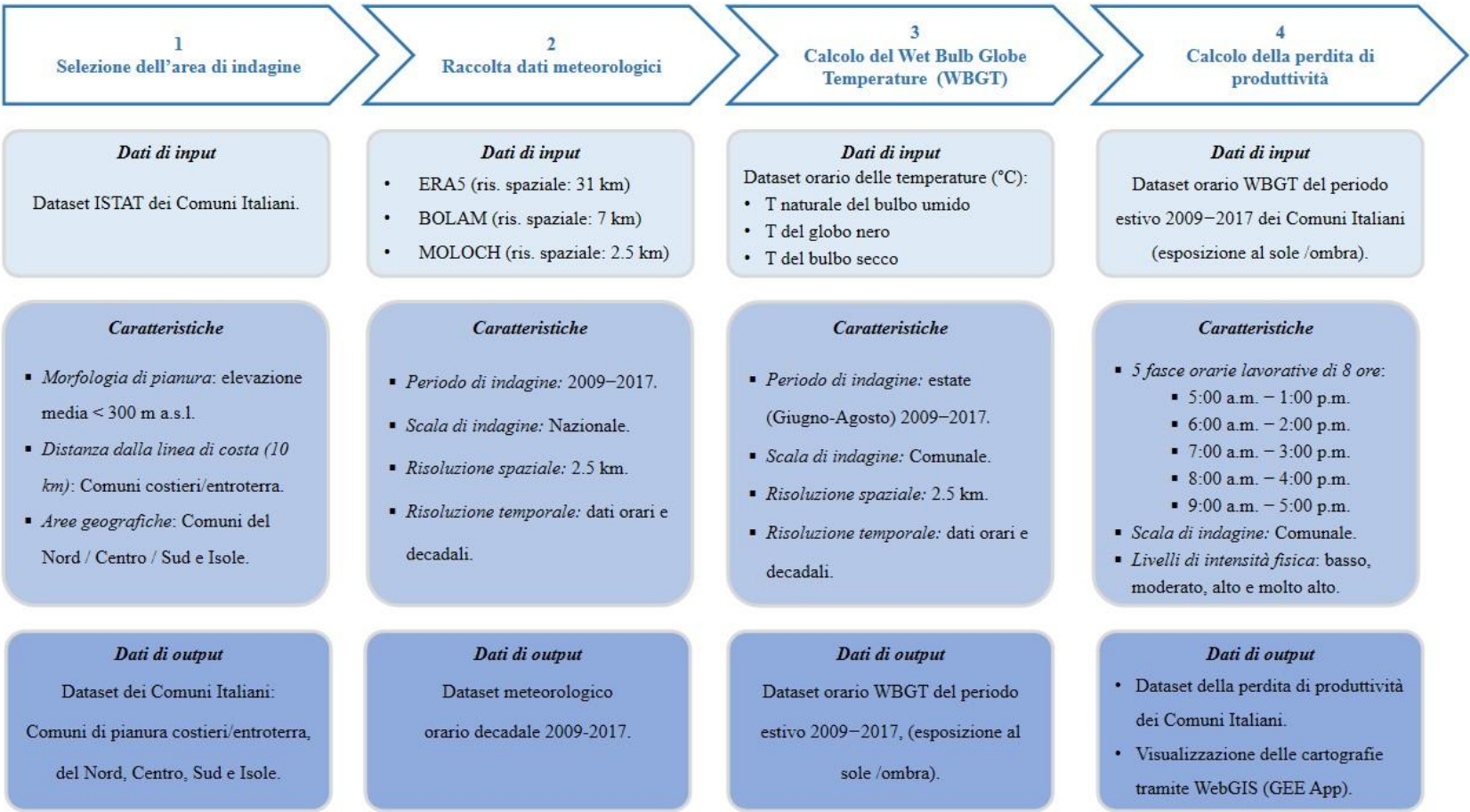
DOI <https://doi.org/10.2486/indhealth.2025-0031>

Guerrì et al., 2025

Articolo scientifico pubblicato in
"Industrial Health"

<https://doi.org/10.2486/indhealth.2025-0031>

Workflow della metodologia



Strumenti per l'analisi della produttività in relazione alle condizioni microclimatiche e descrizione dei casi studio nelle aziende – **Giulia Guerri**

24/03/2026



WebGIS Workclimate 2.0 — Stima della perdita della produttività

Criteri di selezione dell'area di studio

Aree geografiche di indagine

- Nord - Sud - Centro - Isole

Classi altimetriche selezionate

- Zone di pianura: < 300 m s.l.m.

Unità amministrative Italiane indagate

- Comuni



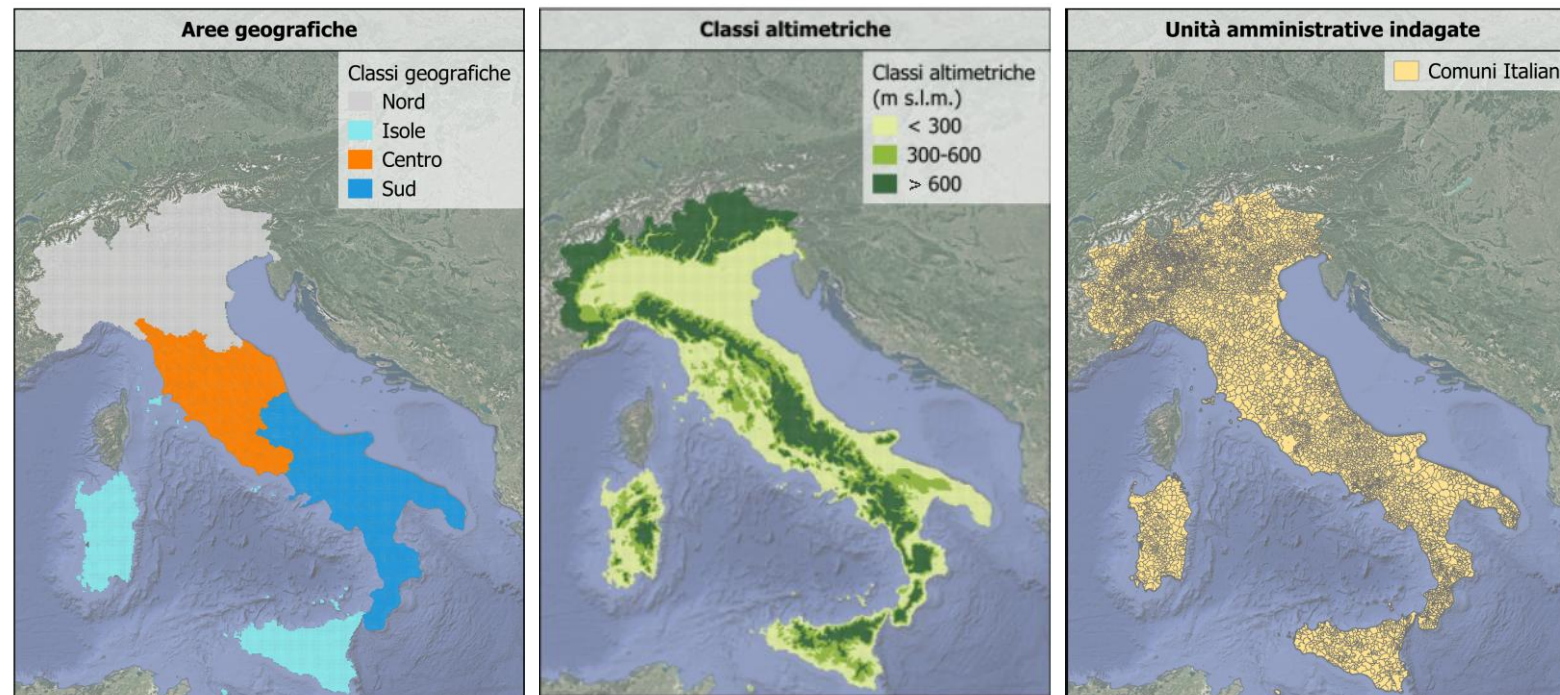
Caratteristiche del dataset

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

Valori orari suddivisi per decadi

- **Dati di input:** ERA5, BOLAM e MOLOCH
- **Disponibilità dati:** 2007–2019
- **Risoluzione spaziale:** 2.5 km
- **Tipi di esposizione:** sole e ombra

Classificazione dell'area di studio



WebGIS Worklimate 2.0 – Stima della perdita della produttività

Stima della perdita di produttività

Workability

$$= \max \left\{ 0; \min \left[1; \left(\frac{WBGT_{lim,rest} - WBGT}{WBGT_{lim,rest} - WBGT_{lim}} \right) \right] \right\}$$



Perdita di produttività
= **100 – Workability**

Valori medi per **Comune**
in 5 fasce orarie di 8 ore lavorative

5:00-13:00

6:00-14:00

7:00-15:00

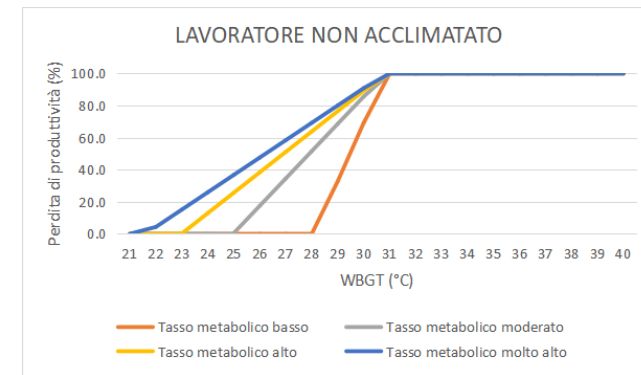
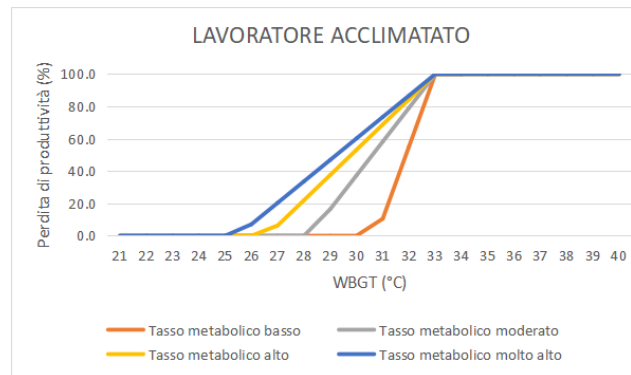
8:00-16:00

9:00-17:00

Classi di intensità di **sforzo lavorativo**:
leggero, moderato, intenso, molto intenso.

Allocation of Work in a Work/Rest Cycle	Acclimatized Threshold Limit Value (WBGT values in °C)				Unacclimatized Threshold Limit Value (WBGT values in °C)			
	Light	Moderate	Heavy	Very Heavy	Light	Moderate	Heavy	Very Heavy
75-100%	31	28	-	-	28	25	-	-
50-75%	31	29	27.5	-	28.5	26	24	-
25-50%	32	30	29	28	29.5	27	25.5	24.5
0-25%	32.5	31.5	30.5	30	30	29	28	27

Stima della perdita di produttività considerando
4 livelli di **tasso metabolico per i soggetti acclimatato e non acclimatato.**



WebGIS Worklimate 2.0

Uno strumento geospaziale per la stima della perdita di produttività lavorativa caldo-correlata

4.337 Comuni italiani
sotto i 300 m s.l.m.

Risoluzione spaziale 2.5 km
Dati ERA5/BOLAM/MOLOCH 2009–2017

Google Earth Engine App
Applicazione geospaziale a livello nazionale

WebGIS Worklimate 2.0 – Sviluppo di uno strumento per indagare l’impatto del caldo sulla produttività lavorativa



Obiettivi

- ❖ Analizzare come il caldo influisce sulla perdita di produttività lavorativa (Workability Loss, WL).
- ❖ Colmare la mancanza di un servizio climatico nazionale (ma anche internazionale) per gestire le perdite di produttività dovute al caldo.

► Ind Health. 2025 Jul 25;64(1):3–16. doi: [10.2486/indhealth.2025-0031](https://doi.org/10.2486/indhealth.2025-0031)

Nationwide heat-related workability loss and adaptation measures: development of a geospatial tool to support work management in heat conditions

[Giulia GUERRI](#)¹, [Alfonso CRISCI](#)¹, [Valerio CAPECCHI](#)², [Michela BONAFEDE](#)³, [Alessandro MARINACCIO](#)³, [Marco MORABITO](#)^{1,*}

Strumento sviluppato

Sviluppo di uno **strumento geospaziale (WebGIS)** che permette di stimare la perdita di produttività per vari scenari lavorativi e in funzione di varie attività fisiche con informazioni a varie scale di dettaglio:

1. livello geografico;
2. vari periodi della stagione calda;
3. varie fasce orarie lavorative.

Il lavoro dimostra che il caldo non è solo un problema sanitario, ma anche **economico e organizzativo**. Tuttavia, strumenti come il WebGIS e misure adattive (es. modifica degli orari) possono ridurre significativamente l’impatto.



WebGIS Worklimate 2.0 — Mappe di perdita di produttività



Worklimate 2.0 WebGIS App

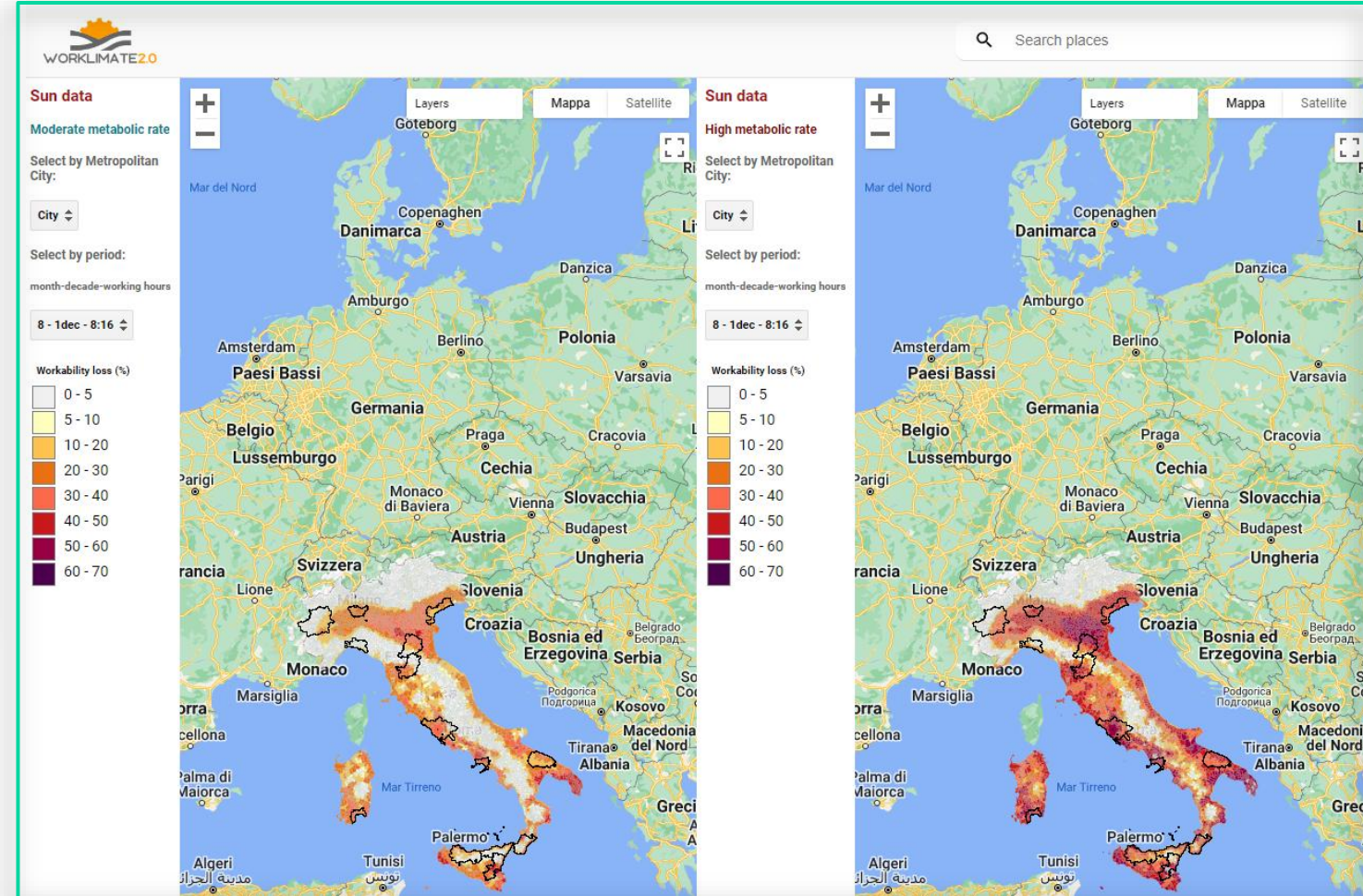
Google Earth Engine Platform

-  Dati per 4.337 comuni italiani sotto 300m s.l.m.
-  5 slot orari (5–13 / 6–14 / 7–15 / 8–16 / 9–17)
-  Condizioni di sole e ombra — attività moderata ed elevata
-  Risoluzione spaziale 2.5 km — decade estiva (Giugno-Agosto)
-  Applicazione nazionale implementata in una piattaforma open

 <https://ee-worklimate.projects.earthengine.app/view/workabilityloss>

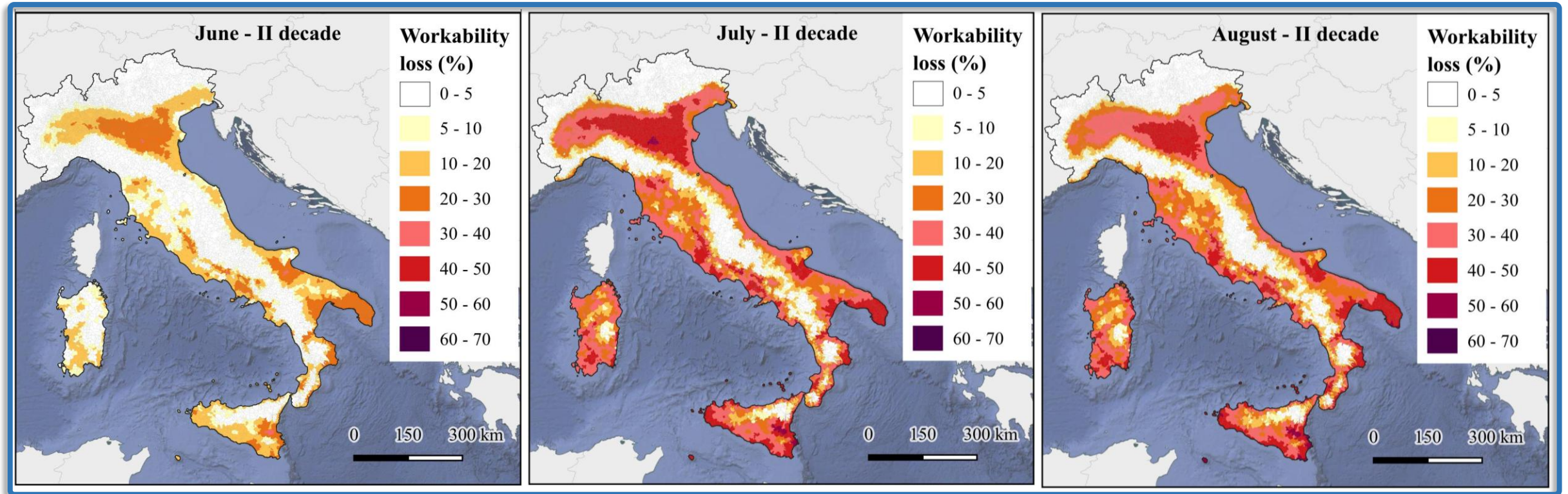


SCAN ME



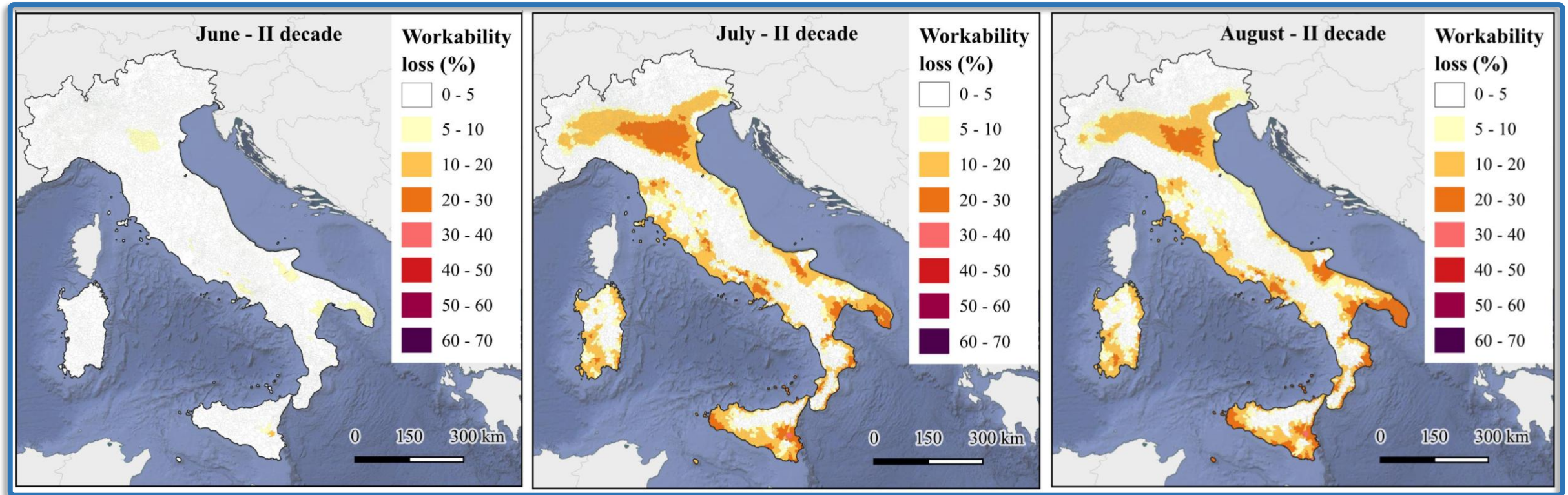
WebGIS Workclimate 2.0 — Mappe di perdita di produttività

Stima di perdita di produttività dei lavoratori
impegnati in attività fisica **elevata** nella fascia oraria 9:00 - 17:00
Condizioni di **esposizione al sole**



WebGIS Workclimate 2.0 — Mappe di perdita di produttività

Stima di perdita di produttività dei lavoratori
impegnati in attività fisica **elevata** nella fascia oraria 9:00 - 17:00
Condizioni di **ombreggiamento**



WebGIS Worklimate 2.0 — Mappe di perdita di produttività

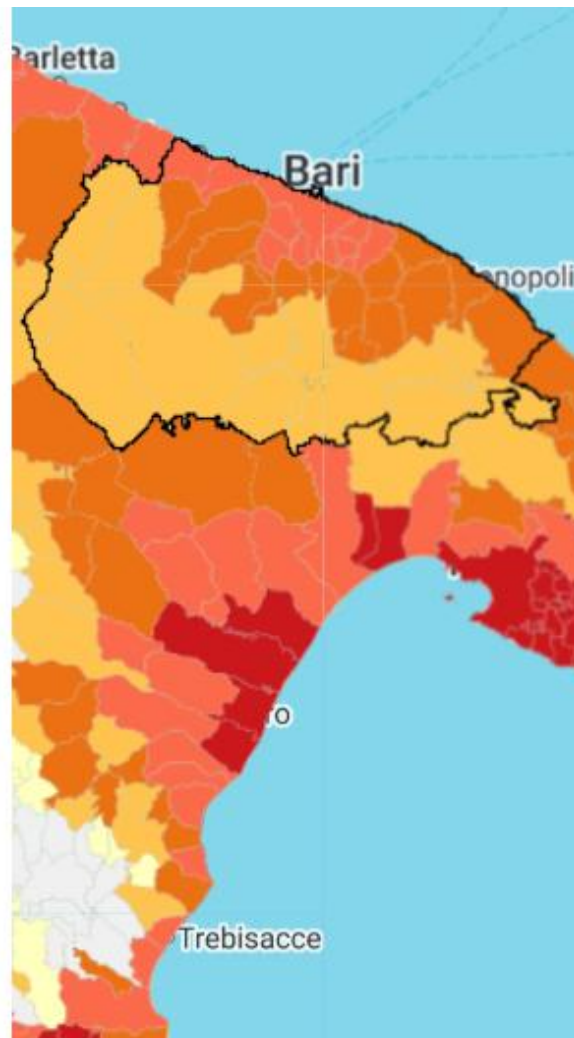
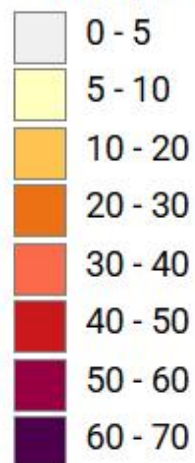
**Lavoratore
esposto al sole**

Sforzo lavorativo moderato

month-decade-working hours

8 - 1dec - 9:17

Workability loss (%)

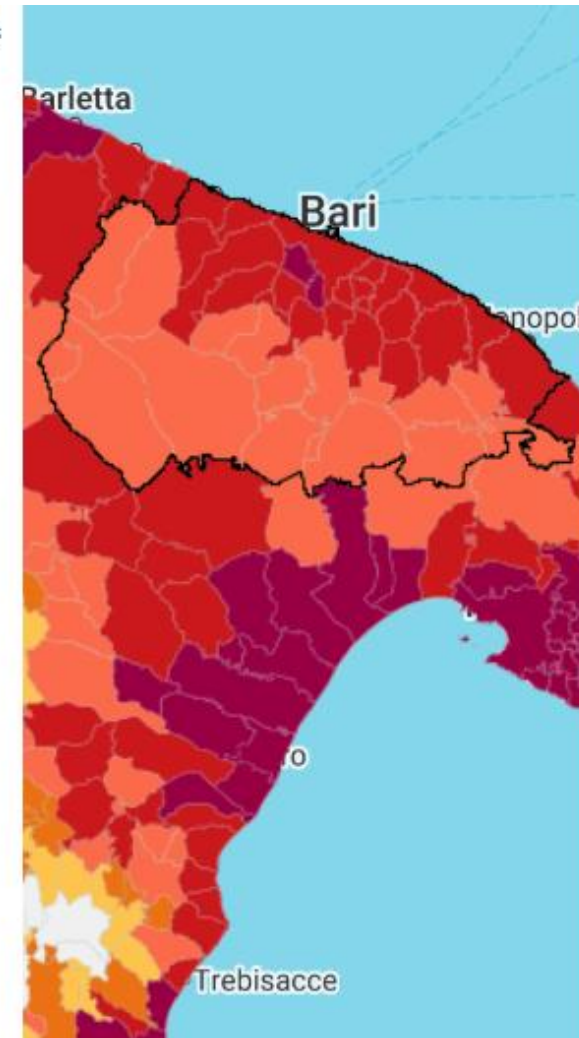
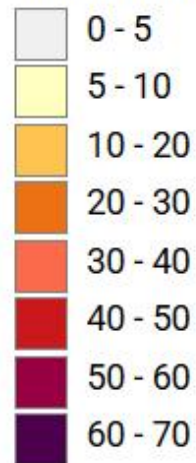


Sforzo lavorativo intenso

month-decade-working hours

8 - 1dec - 9:17

Workability loss (%)



WebGIS Worklimate 2.0 — Mappe di perdita di produttività

Lavoratore esposto al sole – sforzo lavorativo intenso

Orario 9:00–17:00

Sun data

High metabolic rate

Select by Metropolitan City:

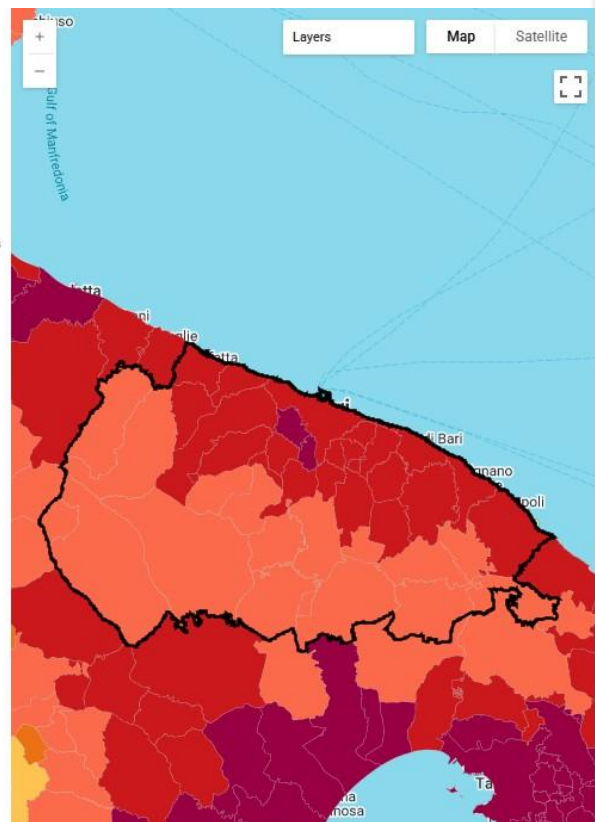
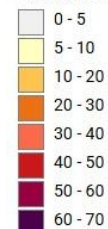
Bari

Select by period:

month-decade-working hours

8 - 1dec - 9:17

Workability loss (%)



- 2 h

Orario 7:00–15:00

Sun data

High metabolic rate

Select by Metropolitan City:

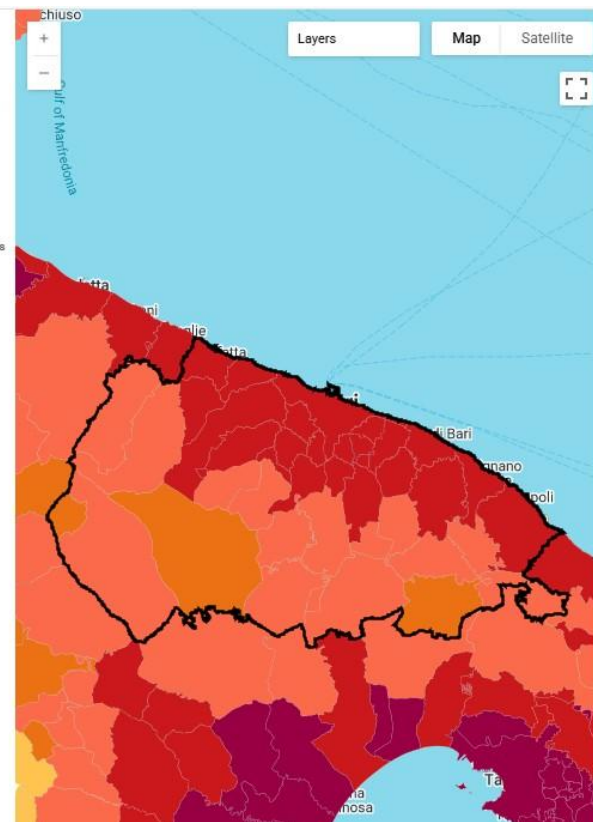
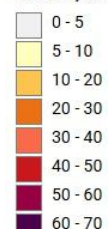
Bari

Select by period:

month-decade-working hours

8 - 1dec - 7:15

Workability loss (%)



- 4 h

Orario 5:00–13:00

Sun data

High metabolic rate

Select by Metropolitan City:

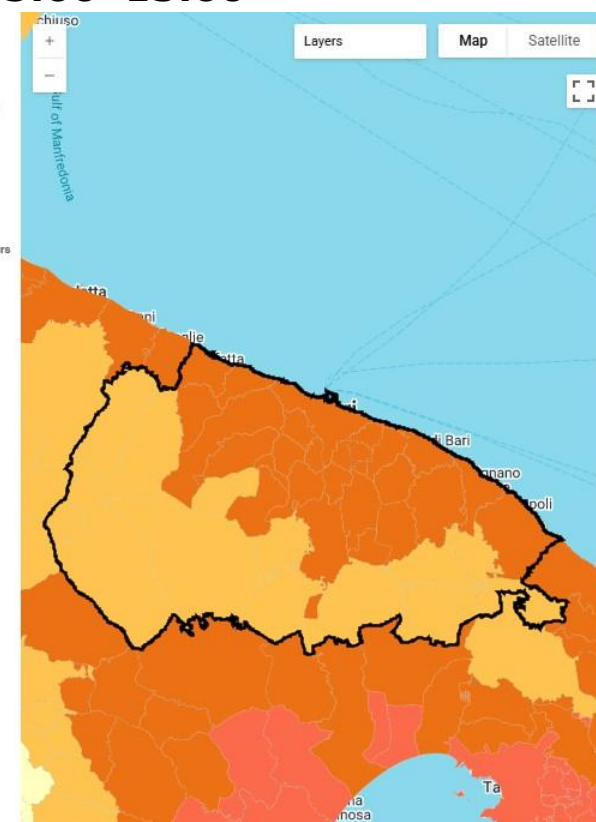
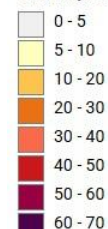
Bari

Select by period:

month-decade-working hours

8 - 1dec - 5:13

Workability loss (%)



Risultati

Mappe di perdita di produttività e analisi quantitativa per area geografica, turno e scenario

5 fasce orarie analizzate

5:00–13:00 fino a 9:00–17:00

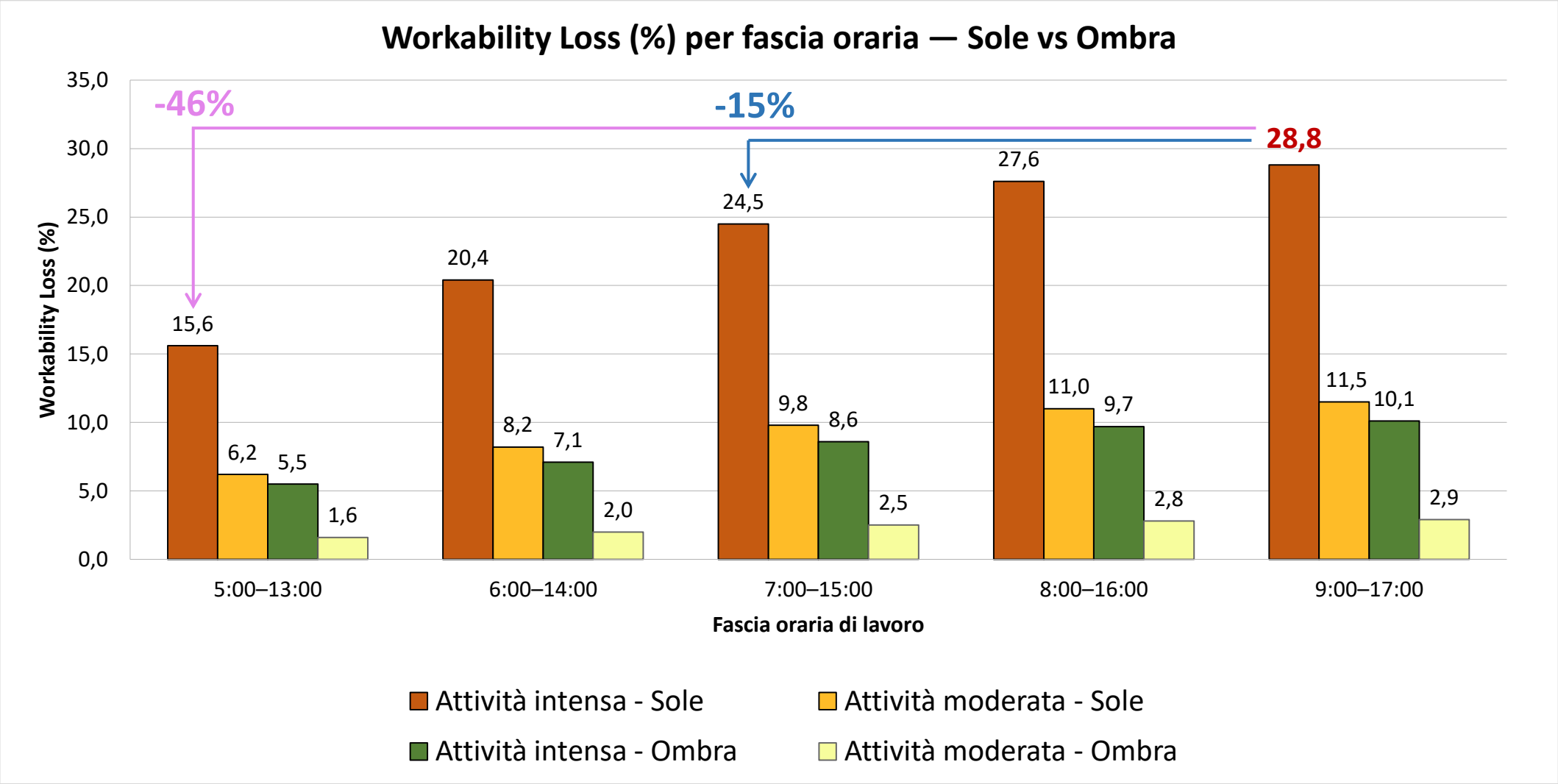
Sole e ombra a confronto

Attività moderata e intensa

Nord, Centro, Sud e Isole

Entroterra e comuni costieri

Risultati - Perdita di produttività per fasce orarie (lavoratori non acclimatizzati)

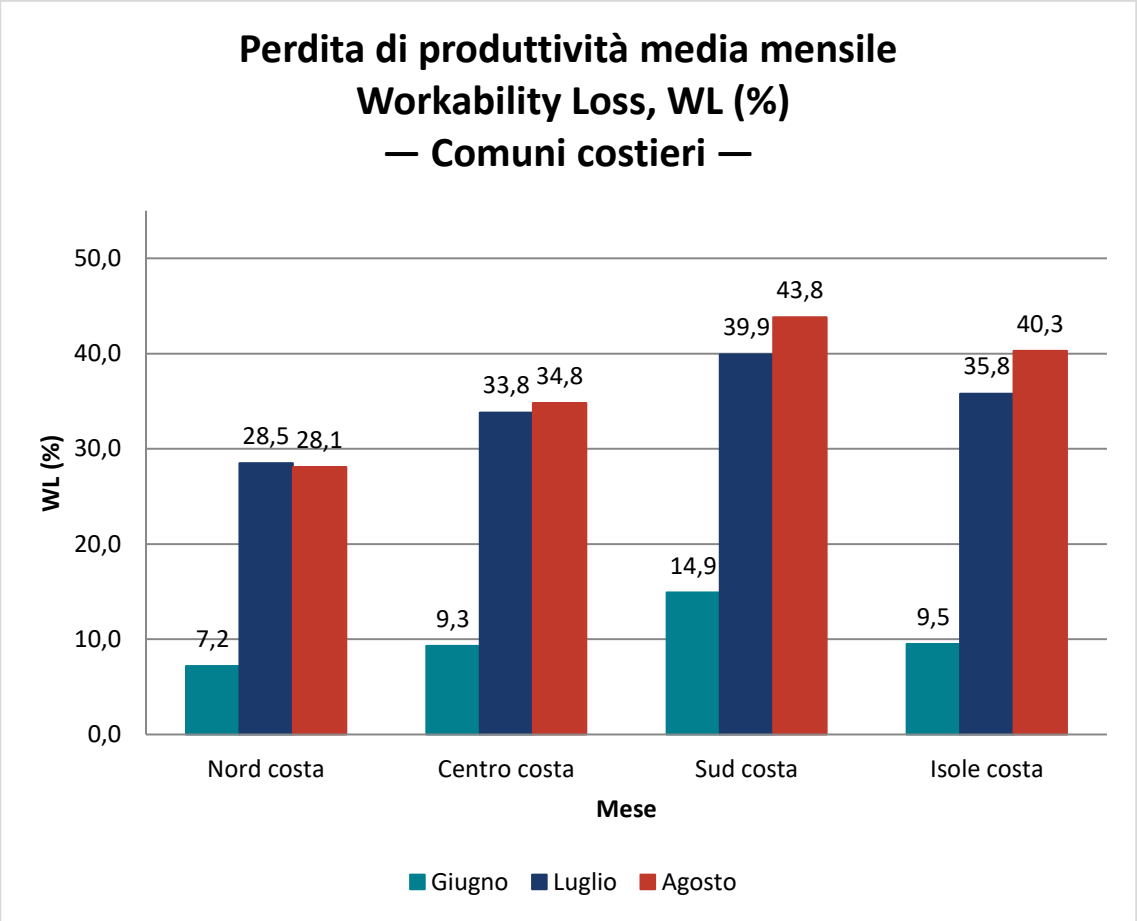
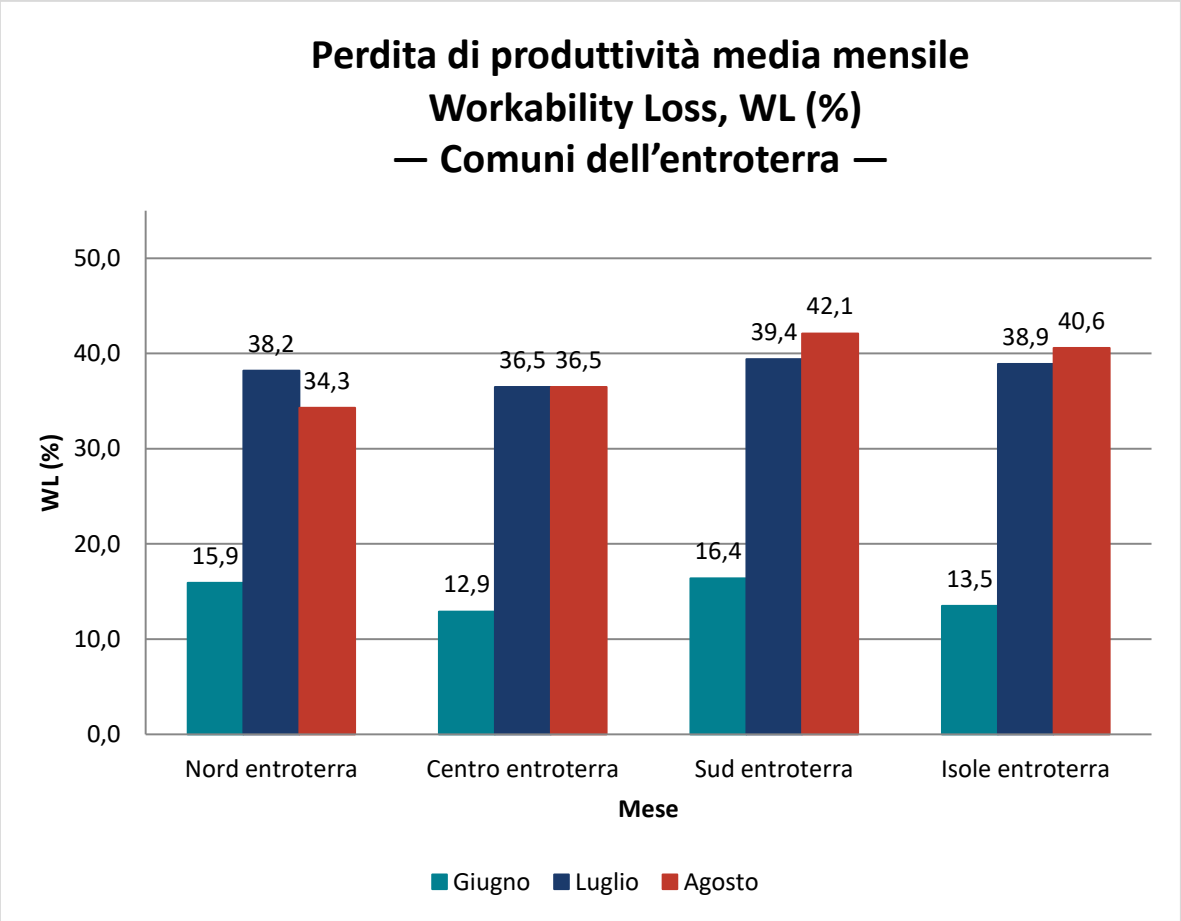


Risultati - Riepilogo della perdita di produttività per la fascia oraria 9:00-17:00 (lavoratore non acclimatizzato, attività intensa al sole)

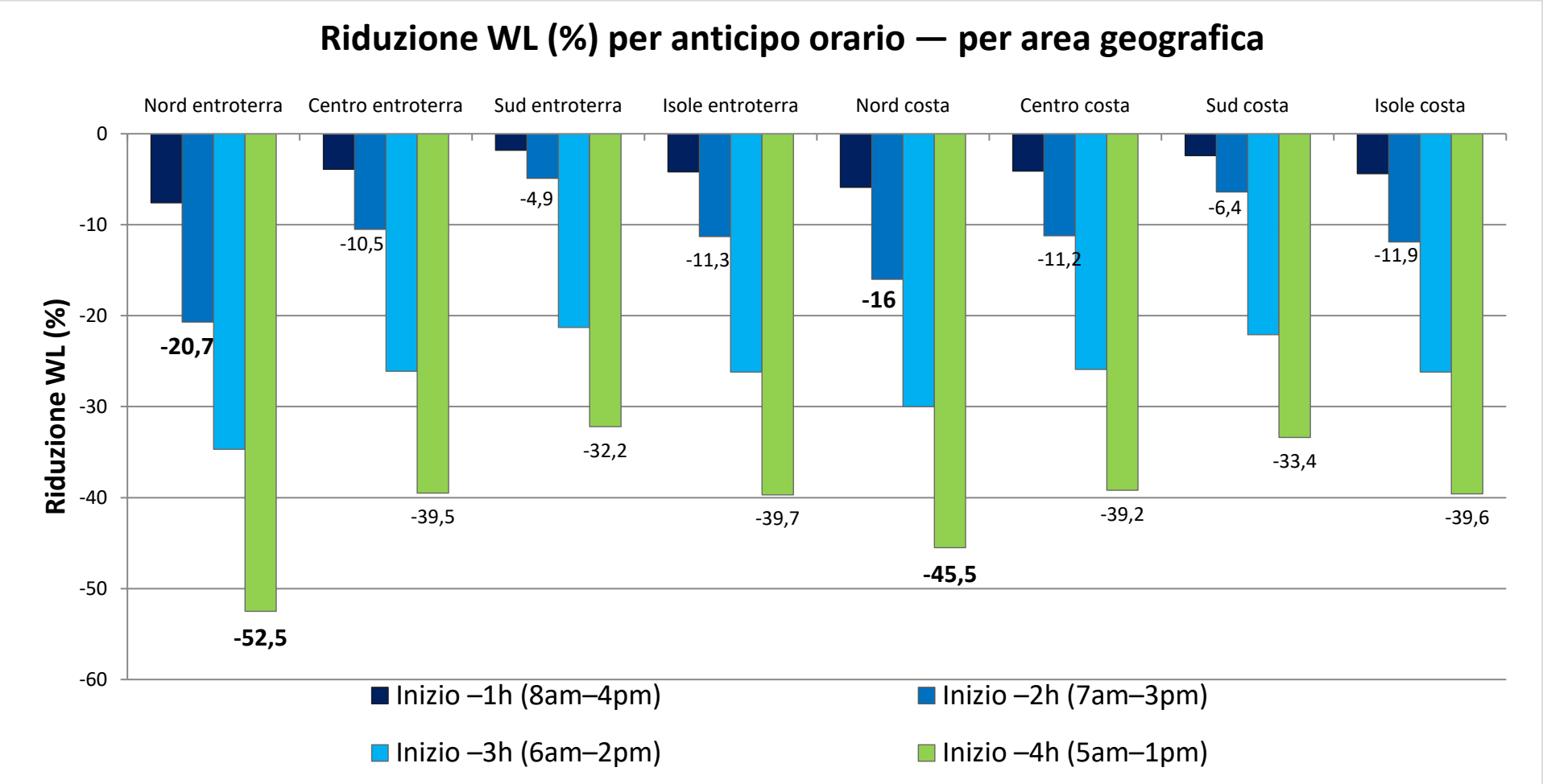
Comuni dell'entroterra										
Area Geografica	Giu I dec	Giu II dec	Giu III dec	Lug I dec	Lug II dec	Lug III dec	Ago I dec	Ago II dec	Ago III dec	Media Estiva
Nord	6.1	15.0	26.5	39.3	36.6	38.8	44.0	32.2	26.7	29.5
Centro	2.7	13.9	22.2	38.0	35.1	36.5	44.9	32.4	32.1	28.6
Sud	4.8	20.7	23.7	40.0	37.8	40.5	49.0	37.4	39.8	32.6
Isole	1.7	13.9	25.0	38.8	37.9	39.9	47.5	37.4	36.9	31.0

Comuni costieri										
Area Geografica	Giu I dec	Giu II dec	Giu III dec	Lug I dec	Lug II dec	Lug III dec	Ago I dec	Ago II dec	Ago III dec	Media Estiva
Nord	1.7	6.0	13.9	28.9	26.7	29.8	37.2	24.8	22.3	21.3
Centro	0.5	9.7	17.7	34.4	32.1	34.9	42.6	30.9	30.9	26.0
Sud	2.8	19.2	22.8	39.3	38.0	42.3	50.0	39.6	41.7	32.9
Isole	0.5	9.2	18.9	34.7	34.9	37.7	46.1	37.0	37.9	28.5

Risultati - Media mensile della perdita di produttività per la fascia oraria 9:00-17:00
(lavoratore non acclimatizzato, attività intensa al sole)



Risultati - Riduzione della perdita di produttività rispetto alla fascia oraria 9:00-17:00
(*lavoratore non acclimatizzato, attività intensa al sole*)



Conclusioni

01

Perdita di produttività lavorativa dovuta al caldo

Il caldo estivo riduce significativamente la capacità lavorativa dei lavoratori, soprattutto per attività ad alta intensità fisica eseguite alla luce del sole.

02

Strumento WebGIS innovativo

La WebGIS di Worklimate 2.0 è la prima applicazione geospaziale nazionale (un esempio originale anche a livello internazionale) per la gestione della perdita di produttività caldo-correlata.

03

Effetto della riorganizzazione degli orari di lavoro

Anticipare l'inizio del turno (rispetto allo slot 9:00-17:00) riduce la perdita di produttività (WL):

- 1 ora prima → WL diminuisce del 4%
- 4 ore prima (inizio alle 5:00) → WL quasi dimezzata.

04

Differenze locali e condizioni di rischio

Anticipare i turni e fornire ombra riduce significativamente la WL. Tuttavia sono necessarie ulteriori strategie di adattamento al caldo per mitigare completamente la WL.

CASI STUDIO CONDOTTI IN VARIE AZIENDE ITALIANE

Descrizione delle attività svolte e dei settori lavorativi coinvolti

Casi studio nel 2023

Casi studio nel 2024

Descrizione di un risultato

Descrizione dei casi studio effettuati nelle aziende in Italia (2023-2024)

Campagna di Ricerca 2023 (Luglio-Agosto)



Focus sul Centro-Nord e Sicilia; 5 aziende coinvolte.

Prevalenza del Settore Multiutility: Servizi ambientali, Logistica, Industria.

Metodologia e Misurazioni



Data Table (Confronto Annuale)

Parametro	Anno 2023	Anno 2024
Aziende Coinvolte	5	4
Settori Monitorati	Servizi Ambientali, Logistica, Industria	Servizi Ambientali, Logistica, Agricoltura, Industria
Regioni Toccate	Sicilia, Piemonte, Veneto, Toscana, Puglia	Sicilia, Toscana, Sardegna, Puglia
Numero Totale Lavoratori	43	34

Campagna di Ricerca 2024 (Luglio-Agosto)



Espansione in Sardegna e Agricoltura; 4 aziende coinvolte.

Diversificazione dei settori: Oltre ai Servizi ambientali, Logistica e Industria, anche Agricoltura.

Risultati di alcuni casi studio nei servizi ambientali in Sicilia e Sardegna nel 2023 e 2024:

Attività svolta con l'Azienda Formula Ambiente e la Fondazione Rubes Triva

Risultati casi studio estate 2023, Sicilia

- ☐ L'esposizione al caldo determina un **aumento della frequenza cardiaca e della temperatura corporea**
- ☐ I lavoratori (per la quasi totalità) **non erano stati informati sui comportamenti da adottare** durante le attività lavorative per contrastare gli effetti del caldo
- ☐ I **DPI alta visibilità indossati risultavano aumentare la percezione del caldo** e i fastidi ad esso correlati.

Risultati casi studio estate 2024, Sardegna - Sperimentazioni e Innovazioni

- ☐ Sono state sperimentate **nuove divise da lavoro ad alta visibilità**, più leggere e performanti
- ☐ E' stato **modificato l'orario di lavoro**, anticipando di un'ora l'inizio del turno: i lavoratori iniziavano a lavorare dalle 5:00 (e non alle 6:00 come da orario standard), completando il turno di lavoro entro le ore 12:00

Impatto dell'Anticipo di 1 ora

-2°C

*Riduzione
temperatura media
durante l'intero
turno di lavoro*

-44%

*Riduzione delle ore
critiche da caldo di
livello alto*

-31%

*Perdita di produttività
caldo-correlata
passando dal 29% al
20% medio giornaliero*

WORKLIMATE al servizio di aziende e imprese



Il progetto **WORKLIMATE**, presentato da **Formula Ambiente Spa**, ha vinto la 3ª edizione del **Premio Buone Pratiche** in occasione della fiera internazionale di **Ecomondo 2024!**



Roma, 24 marzo 2026
Giulia Guerri e Marco Morabito



INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

Grazie per l'attenzione

