

In a Hotter World. The Effect of Temperature on Students Performance

Alessandro Palma ¹ Rosario Maria Ballatore ²
Daniela Vuri ³

¹Gran Sasso Science Institute (GSSI), CEIS Tor Vergata

²Banca d'Italia

³Dip. di Economia e Finanza Tor Vergata , CEIS, IZA

3-4 Ottobre 2022

L'istruzione è una componente essenziale per lo sviluppo del capitale umano e un forte predittore del reddito futuro (Card, 1999)

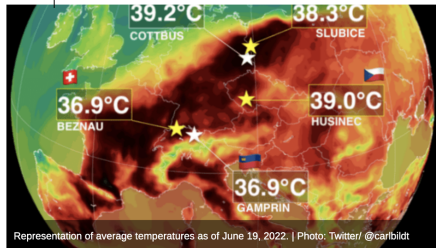
Fattori esterni (esternalità ambientali come inquinamento e alte temperature) possono ridurre la capacità cognitiva e limitare l'apprendimento (Lavy et al. 2016, Zhang et al. 2018, Graff Zivin et al., 2018, Park, 2021)

Gli scienziati prevedono un mondo più caldo: nello scenario BAU, l'UE affronterà un aumento rilevante delle temperature medie (>1.5 gradi entro 2030), con elevata eterogeneità regionale

L'Italia è fortemente esposta: nel 2020 il Sud ha toccato i 48.8 gradi (record europeo) mentre a Giugno 2022 il Nord ha avuto ondate di calore di intensità e durata eccezionale.

Siamo ormai nella “nuova normalità” (WMO, 2021)

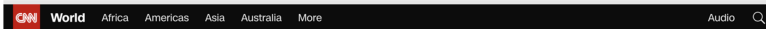
Europe Faces Unusual Mid-June Heatwave



The New York Times

Stockholm Instead of Rome? October Instead of July? How Heat Waves Are Changing Tourism in Europe

Shifts in travel patterns are likely to become more common in Europe, a region that climate researchers describe as a “hot spot” for severe summer heat.

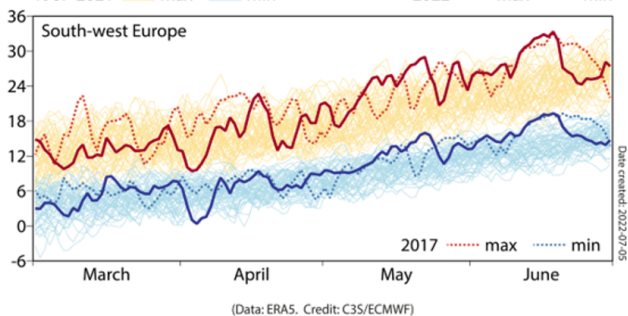


Record-breaking heat wave in Europe will be the norm by 2035, analysis shows

By Amarachi Orié and Angela Dewan, CNN

🕒 Updated 1649 GMT (0049 HKT) August 25, 2022

Average daily maximum and minimum temperatures (°C) over south-west Europe
1967-2021 max min 2022 max min



Anomalie di lungo periodo nella temperatura minima e massima in Europa Sud-occidentale.
Fonte: Commissione Europea, Copernicus

Variazioni di temperatura di breve periodo hanno conseguenze socio-economiche:

- Influenzano le capacità di apprendimento, quindi riducono le possibilità degli individui sul mercato del lavoro e frenano la crescita aggregata (Deschenes, 2014; Graff Zivin et al., 2018)
- Influenzano gli esiti di prove in contesti dove la performance cognitiva è cruciale per accedere a livelli superiori di istruzione e carriera (concorsi e processi di selezione)
- I test valutativi sono spesso utilizzati per valutare il divario tra diverse aree geografiche (Angrist et al., 2017). Questi confronti non tengono conto della diversa esposizione a stress di temperatura.

Meccanismo fisiopatologico

- La chimica del cervello e le sue proprietà elettriche sono molto sensibili alla temperatura.
Il cervello è solo il 2% della massa corporea ma genera il 20% del calore
- Sia lo sforzo cognitivo sia fattori esterni aumentano la temperatura del cervello: il calore in eccesso è dissipato attraverso il sangue che arriva alla pelle e ai polmoni. Con alte temperature esterne, il calore può aumentare fino a 2.5°
- Effetti differenziati perchè il cervello utilizza aree diverse, e.g. il ragionamento logico-astratto (matematica) utilizza la corteccia prefrontale
- Il calore elevato si traduce in diminuzione di attenzione e memoria. Gli individui quando fa caldo riescono ad accedere alla loro intelligenza con più difficoltà

Contributi dello studio

Effetto causale di T sulle performance degli studenti utilizzando dati sui test INVALSI in un contesto ideale (prove standardizzate, dati amministrativi, assenza di aria condizionata)

Nuove evidenze sul meccanismo indotto da temperatura sfruttando outcome che descrivono stato d'animo dello studente durante il test

Effetti non-lineari a diversi livelli di T ed eterogenei tra i diversi gradi (età degli studenti)

Principali risultati:

- effetti di temperatura negativi su punteggio test, con differenze tra matematica e italiano (in linea con precedenti studi)
- effetti significativi solo per studenti più giovani (grado 2 e 5) in entrambe le materie, assenza di effetti per gradi superiori (8 e 10)
- effetto negativo su emozioni percepite da studente solo per $T > 34^\circ$ e studenti più giovani (grado 5)

Dati - Variabile dipendente

Punteggio individuale ottenuto dallo studente nelle prove INVALSI

- I test rilevano l'apprendimento degli studenti in Italiano e Matematica a differenti punti della loro carriera (grado 2, 5, 8, 10, corrispondente a 7, 10, 13 e 15 anni)
- Rilevazioni effettuate dall'a.s. 2011-12 all'a.s. 2017-2018
- Gli studenti rispondono a una serie di domande di diversa difficoltà per valutare la comprensione del testo, le competenze in grammatica e lessico (test italiano), e per risoluzione di problemi e abilità di logica (test matematica)
- La variabile di outcome (punteggio finale) è standardizzata ($\mu = 0$, $ds=1$) per consentire confronto tra gradi e anni
- Le variabili di stato emozionale (solo grado 5 e 10) indicano in modo binario se lo studente ha percepito durante il test: ansia, preoccupazione, sensazione di esito negativo, sensazione di benessere

Dati - Trattamento e Controlli

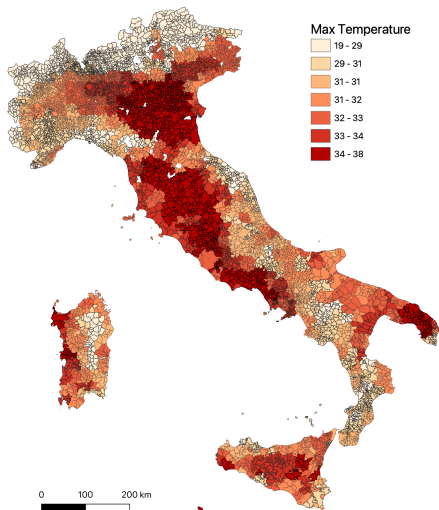
Trattamento:

- Temperatura massima espressa come valore di picco e variabili binarie su bins di 3° per $T > 14^\circ$ (fonte EC-JRC Agri-4-Cast)

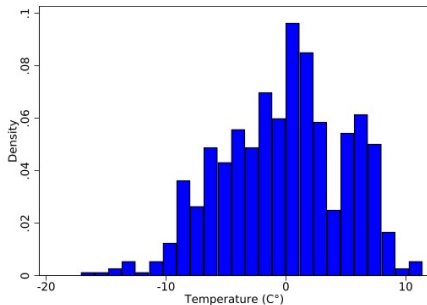
Controlli:

- temperatura media, precipitazioni, velocità del vento (EC-JRC Agri-4-Cast) e umidità relativa (fonte Copernicus ERA-5)
- Composizione della plesso scolastico: % di immigrati, femmine, anticipatari, posticipatari (fonte INVALSI)
- Condizioni degli edifici scolastici (riscaldamento e aria condizionata) (fonte MIUR)

I dati INVALSI e meteo sono uniti a livello di comune e giorno dei test



T massima (media tra i giorni del test)



Variabilità di T tra i giorni del test a livello studente

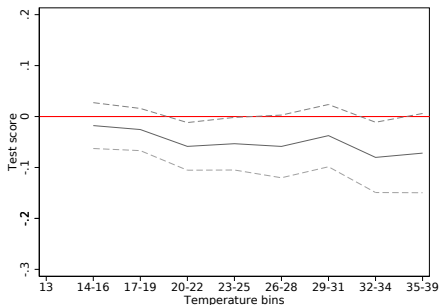
Identificazione

$$y_{igsct}^f = \beta_0 + \beta_1 f(T_{ct}) + \beta_2 V_{ct} + \beta_3 Z_{gst} + \delta_i + \tau_t + \sigma_g + \theta_w + \pi_{rt} + \varepsilon_{igsct}$$

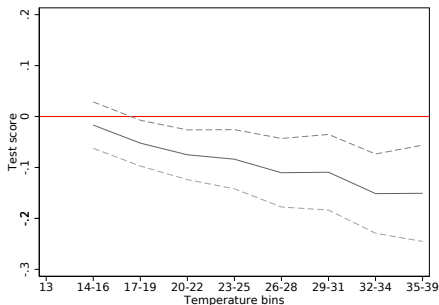
- y è il punteggio standardizzato del test in italiano e matematica dello studente i nel grado g e anno scolastico t
- T_{ct} è la temperatura max. nel comune c durante il giorno del test t
- Vettori di controllo: meteo (V_{ct}) e composizione della scuola (Z_{gst})
- Effetti fissi: studente (δ_i), anno scolastico (τ_t), grado (σ_g), giorno della settimana (θ_w)
- Trend temporali specifici per regione (π_{rt}) per catturare linearmente possibili fattori varianti nel tempo a livello regionale
- Errori standard clusterizzati a livello comune (correlazione spaziale tra comuni, autocorrelazione nei punteggi test, trattamento comune a livello comunale)

Identificazione causale: le date del test sono fissate con largo anticipo e non sono manipolabili o evitabili dagli studenti

Effetto Non-lineare della Temperatura sul Punteggio Studente



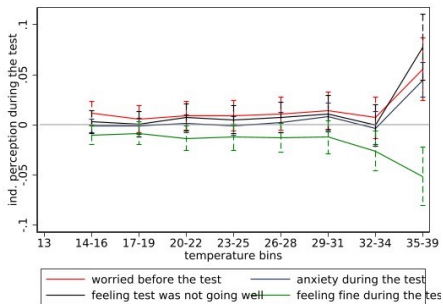
Italiano



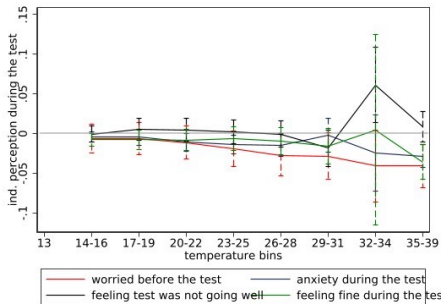
Matematica

Note: Panel individuale ottenuto raggruppando tra gradi e anni scolastici. Temperatura in bin di 3° con categoria omessa $T < 14^{\circ}$. Controlli: condizioni meteo (pioggia, vento, umidità) e composizione della scuola (studenti immigrati, femmine, anticipatori, posticipatori, bocciati). Effetti fissi per studente, anno scolastico, grado, giorno della settimana e trend temporali regionali. Errori standard clusterizzati a livello comune. Significatività: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Effetto della Temperatura sulle Percezioni Emotive dello Studente



Grado 5 (età 10)



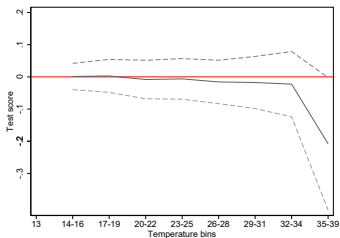
Grado 10 (età 15)

Note: Campione ottenuto raggruppando dall'a.s. 2011-2012 all'a.s. 2016-2017 solo per i gradi 5 e 10 (gradi in cui il questionario è disponibile). Variabile dipendente: variabili binarie per ogni sensazione percepita durante il test. Le stime controllano per effetti fissi studente, composizione della scuola e fattori meteorologici. Errori standard clusterizzati per comune. Intervalli di confidenza al 95%.

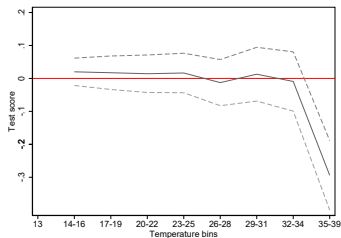
Effetto Eterogeneo della Temperatura tra i Gradi

Test di Italiano

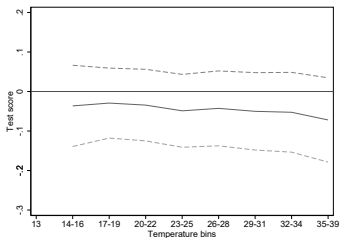
Grado 2 (età 7)



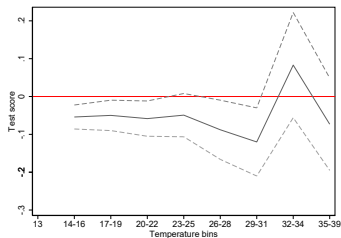
Grado 5 (età 10)



Grado 8 (età 13)



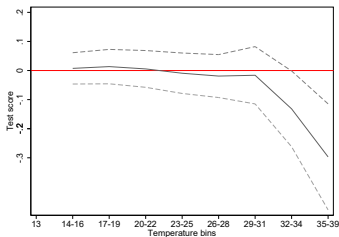
Grado 10 (età 15)



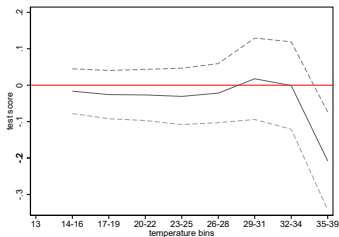
Effetto Eterogeneo della Temperatura tra i Gradi

Test di Matematica

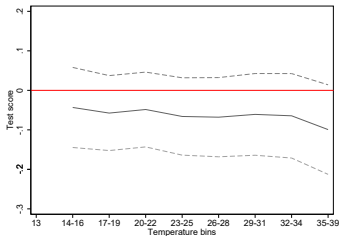
Grado 2 (età 7)



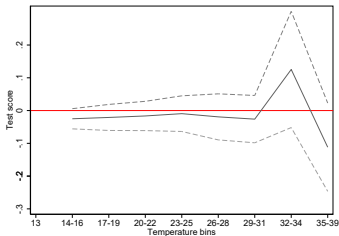
Grado 5 (età 10)



Grado 8 (età 13)



Grado 10 (età 15)



I risultati evidenziano due implicazioni:

- Alla luce dell'aumento delle temperature e ondate di calore, gli studenti dovrebbero essere valutati “sullo stesso campo da gioco”, tenendo conto degli stress differenziali che la temperatura produce su di loro attraverso una [calendario delle prove differenziato per area e periodo](#)
- Gli [standard di qualità degli edifici](#) dovrebbero essere adeguati per limitare l'esposizione a picchi di calore (efficientamento energetico, aria condizionata)

Queste proposte di intervento ridurrebbero il divario di apprendimento e darebbero una più equa possibilità di successo ai nostri studenti.

Prossimi passi:

studiare l'effetto della temperatura tenendo conto di possibili [manipolazioni del punteggio](#) (cheating). Metodo di variabili strumentali (cheating è endogeno e viene strumentato con il controllo casuale degli ispettori).

Grazie dell'attenzione

alessandro.palma@gssi.it
@sandoralp