

Υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων σε έναν ολοένα θερμότερο κόσμο: μελέτες σε επιχειρήσεις και οδηγίες

Ανδρέας Φλουρής
Αναπληρωτής Καθηγητής, Παν. Θεσσαλίας





← **Αποστολή:** η μείωση των επιπτώσεων της θερμικής καταπόνησης στην υγεία και την παραγωγικότητα των εργαζομένων σε στρατηγικές βιομηχανίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Horizon 2020
European Union funding
for Research & Innovation

HEAT^o
SHIELD

Χρηματοδοτούμενο από το Πρόγραμμα Ορίζοντα 2020 της ΕΕ (αρ.668786)

← **Αποστολή:** η μείωση των επιπτώσεων της θερμικής καταπόνησης στην υγεία και την παραγωγικότητα των εργαζομένων σε στρατηγικές βιομηχανίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης

τουρισμός



ΕΛΛΑΔΑ
ΚΥΠΡΟΣ

γεωργία



ΚΥΠΡΟΣ
ΙΤΑΛΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ
ΣΛΟΒΕΝΙΑ

μεταποίηση



ΣΛΟΒΕΝΙΑ
ΔΑΝΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ

κατασκευές



ΙΣΠΑΝΙΑ
ΙΤΑΛΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ

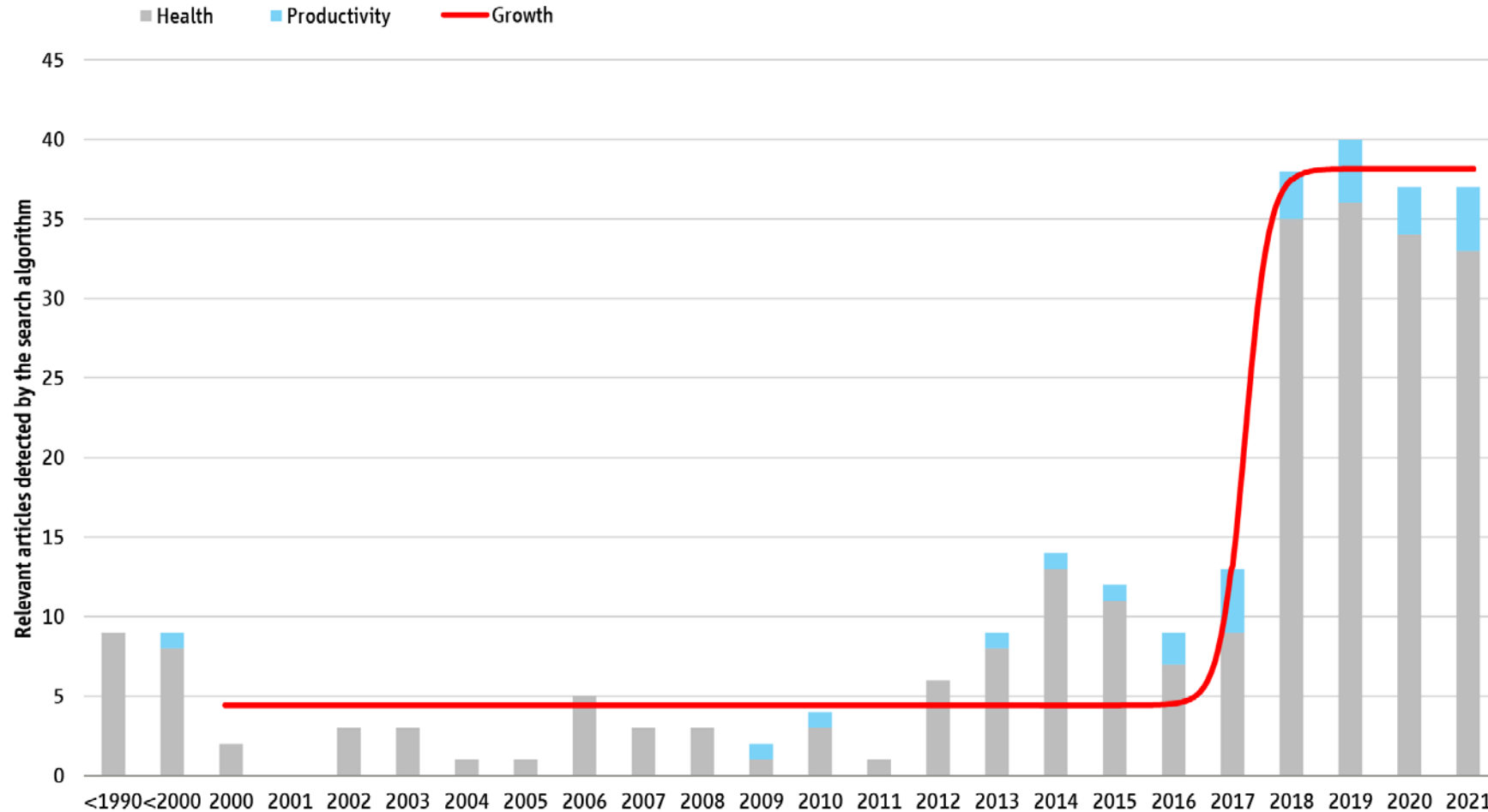
μεταφορές



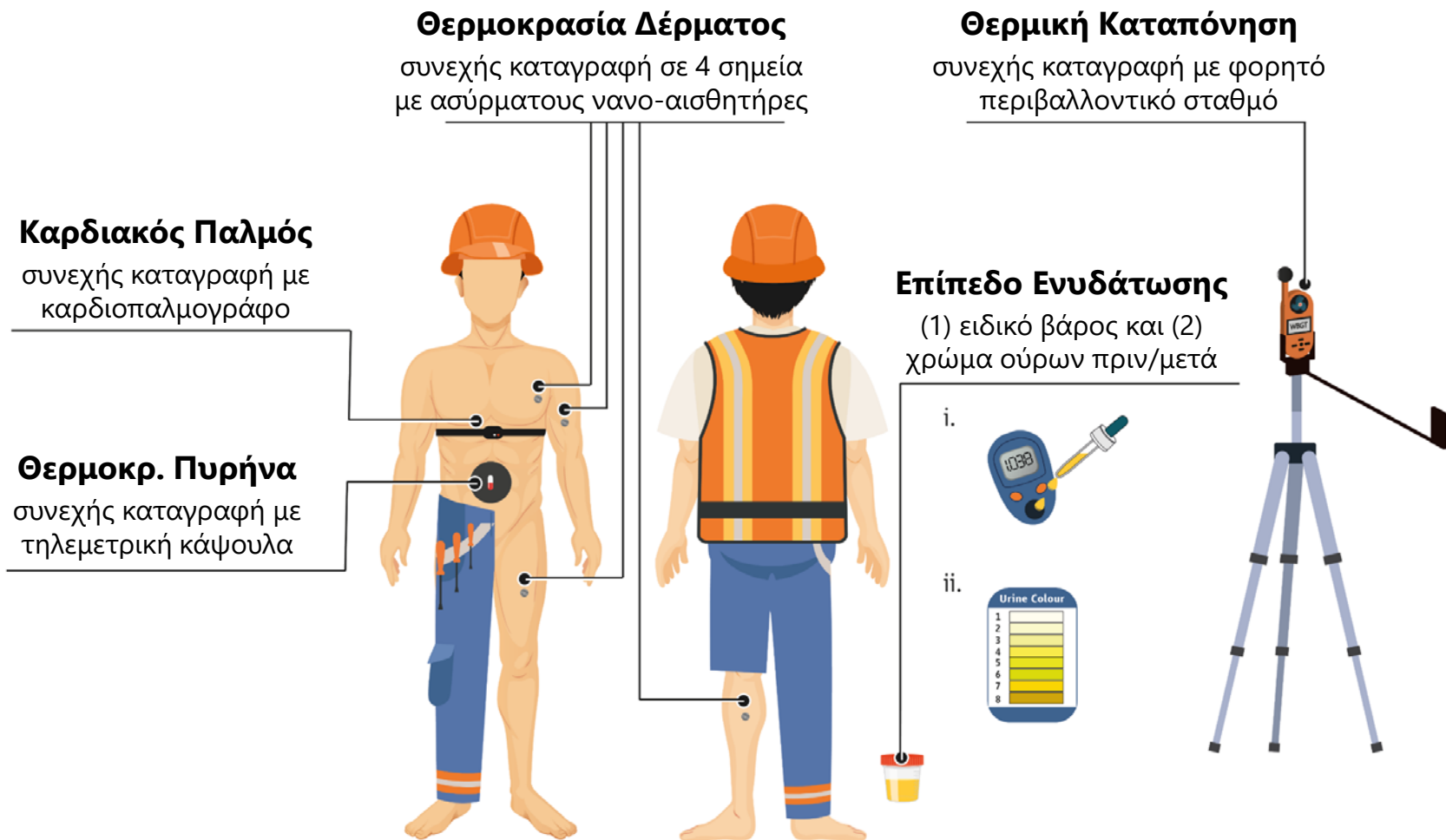
ΕΛΒΕΤΙΑ
ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ

Αλματώδης αύξηση της γνώσης τα τελευταία χρόνια

← **71% των μελετών** στην εργασιακή θερμ. καταπόνηση έχουν δημοσιευτεί μετά το 2015

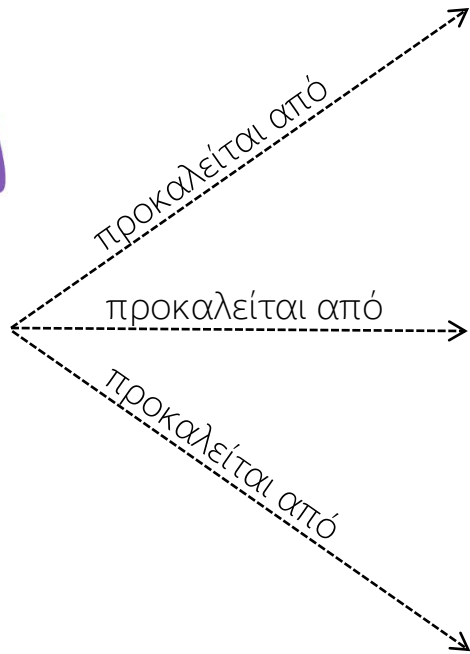


Υγεία



Εργασιακή θερμική καταπόνηση

Εργασιακή θερμική καταπόνηση = κατάσταση κατά την οποία το σώμα του εργαζόμενου συσσωρεύει θερμότητα



Αντίξοες
περιβαλλοντικές
συνθήκες



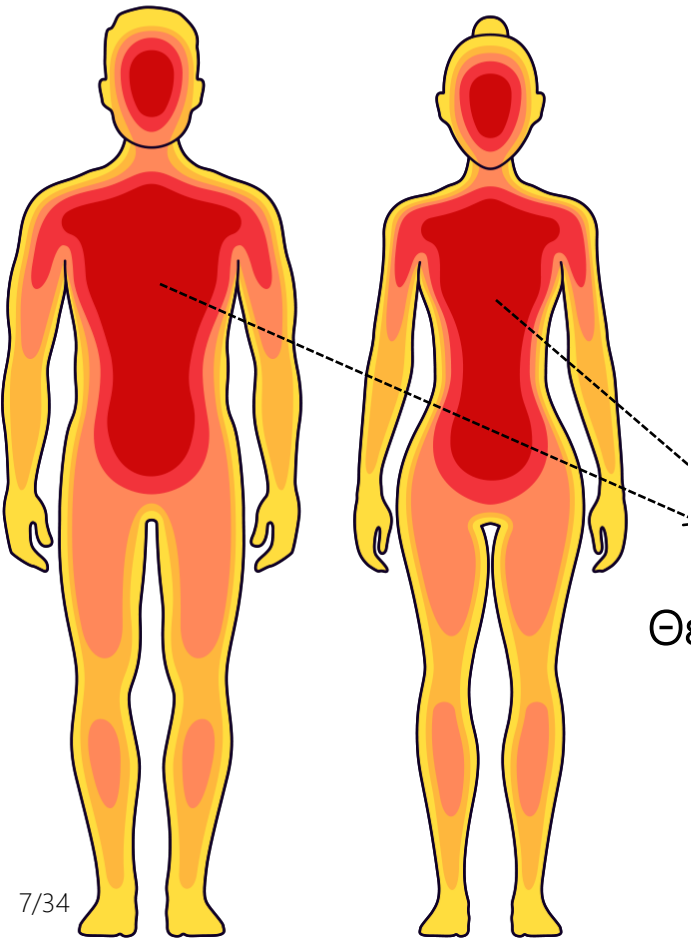
Προστατευτικό
ρουχισμό με μόνωση



Αυξημένη **μεταβολική
θερμότητα** από
δραστηριότητες υψηλής
έντασης

Σωματική θερμική καταπόνηση

η εργασιακή θερμική καταπόνηση οδηγεί σε σωματική θερμική καταπόνηση



Θερμοκρασία πυρήνα σώματος

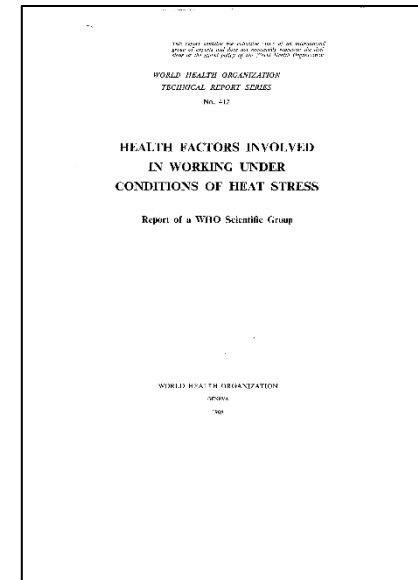
Σωματική θερμική καταπόνηση



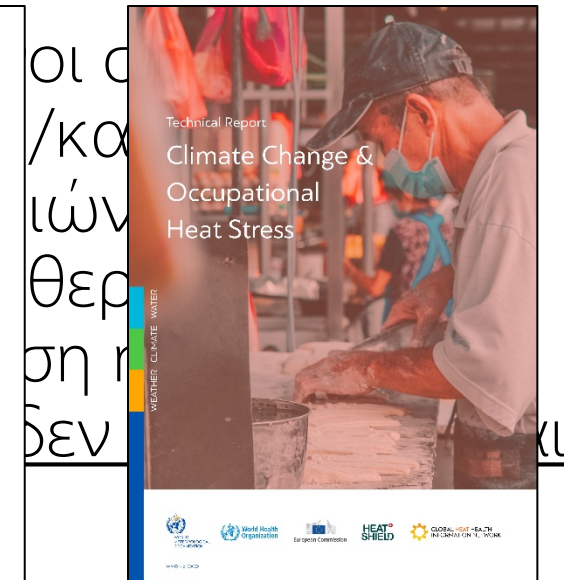
μείωση εμφάνισης σε αρκετές εργασίες εξαιτίας της μηχανοποίησης και της βελτίωσης του προστατευτικού ρουχισμού



- Όριο ασφάλειας 38°C θερμ. πυρήνα σώματος



WHO, 1969

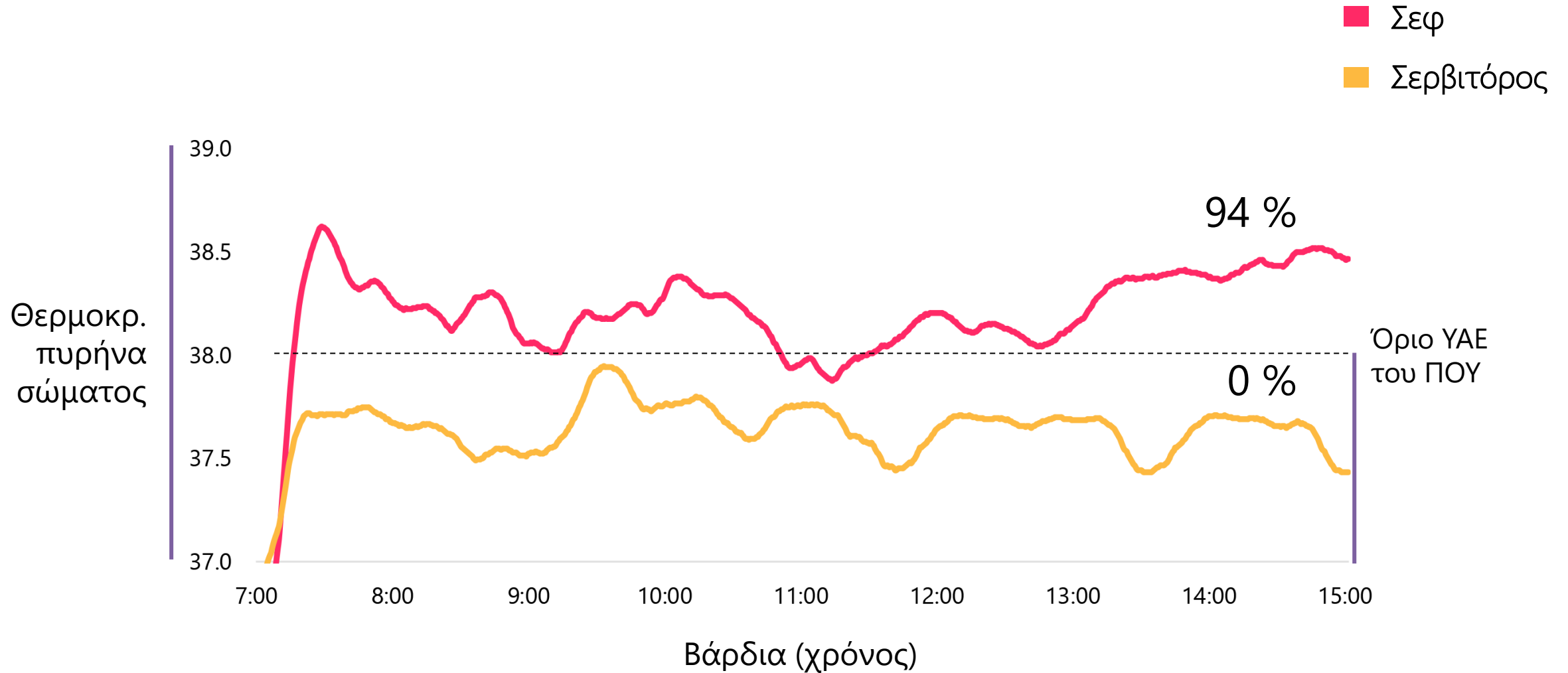


Flouris et al., 2023; WHO-WMO

οι ο
/κα
ιών
θερ
ση
δεν

κλ

Η εργασιακή θερμική καταπόνηση δημιουργεί ανισότητες



Οι δείκτες θερμοικής καταπόνησης είναι εξισώσεις που συνδυάζουν την αλληλεπίδραση παραγόντων όπως η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία, ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία για να περιγράψουν το θερμικό περιβάλλον και πώς επηρεάζει το σώμα μας

14101841-10
2022, VOL. 9, NO. 3, 247-262
https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275

COMPREHENSIVE REVIEW OPEN ACCESS [Check for updates](#)

Indicators to assess physiological heat strain – Part 1: Systematic review

Leonidas G. Ioannou ^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100}, Konstantinos Mantzios ¹, Lydia Tsoutsoubi ¹, Sean R. Notley ¹, Petros C. Dinas ¹, Matt Brearley ¹, Yoram Epstein ¹, George Havenith ¹, Michael N. Sawka ¹, Peter Bröde ¹, Igor B. Mekjavic ¹, Glen P. Kenny ¹, Thomas E. Bernard ¹, Lars Nybo ¹, and Andreas D. Flouris ¹

¹FAME Laboratory, Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Greece; ²Department of Nutrition, Exercise and Sports, August Krogh Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark; ³Human and Environmental Physiology Research Unit, Faculty of Health Sciences, University of Ottawa, Ottawa, Canada; ⁴National Critical Care and Trauma Response Centre, Royal Darwin Hospital, Darwin, Northern Territory, Australia; ⁵Thermal Hyperthermia, Pty Ltd, Tullahoma, QLD, Australia; ⁶Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Ramat Gan and the Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Ramat Hashikma, Israel; ⁷Environmental Ergonomics Research Centre, Loughborough Design School, Loughborough University, Loughborough, UK; ⁸School of Biological Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; ⁹Department of Immunology, Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors (IfU), Dortmund, Germany; ¹⁰Department of Automation, Biomechanics and Robotics, Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia; ¹¹Clinical Epidemiology Program, Ottawa Hospital Research Institute, Ottawa, Canada; ¹²College of Public Health, University of South Florida, 13201 Bruce B. Downs Boulevard, Tampa, FL 33613, USA

ABSTRACT
In a series of three companion papers published in this Journal, we identify and validate the available thermal stress indicators (TSIs). In this first paper of the series, we conducted a systematic review (registrations NPLA3202009088) to identify all TSIs and provide reliable information regarding their use. Funded by EU Horizon 2020, HEAT-SHIELD, Earth, European Public, Agricultural and Environmental Science, Collection, Web of Science, Scopus, Embase, Russian Science Citation Index, MEDLINE, and Google Scholar were searched from database inception to 15 April 2020. No restrictions on language or study design were applied. Of the 879 publications identified, 233 records were considered for further analysis. Risk search identified 343 instruments and indicators developed between 200 BC and 2019 AD. Of these, 153 are nonergonomic, instruments, and/or require detailed non-metabolic information, while 187 can be mathematically calculated utilizing only meteorological data. Of these meteorology-based TSIs, 127 were developed for people who are physically active, and 61 of those are eligible for use in occupational settings. Information regarding the equation, operating range, interpretation categories, required input data, as well as a free software calculator, all 187 meteorology-based TSIs is provided. The information presented in this systematic review should be adopted by those interested in performing on-site monitoring and/or big data analytics for climate sensors to ensure appropriate use of the meteorology-based TSI. Studies two and three in this series of companion papers present guidance on the application and validation of these TSIs to guide end users of these indicators for more effective use.

KEYWORDS
Occupational heat strain; work-related hyperthermia; thermal indices; heat index

ARTICLE HISTORY
Received 7 September 2021
Revised 22 January 2022
Accepted 26 January 2022

KEYWORDS
Occupational heat strain; work-related hyperthermia; thermal indices; heat index

Introduction
Billions of people perform their daily activities in ambient conditions that exceed their body capacity for maintaining a safe body temperature [1]. This often leads to the development of severe conditions that they have to carry throughout their life [2]. Even worse, heat stress can be fatal in many cases [1,3,4]. For instance, three to four occupational heat stress fatalities are currently occurring every hour across the world [5]. While heat stress is more prevalent in working populations [2,6–11], athletes [12,13] and other civilians, especially heat-vulnerable

older adults and individuals with chronic health conditions who perform intense manual tasks are also affected by hyperthermia and heat-related illnesses. Older individuals [4,14,15] and people with underlying cardiovascular diseases [4,15–17] face significant heat-related morbidity and mortality, even when sitting or resting in hot conditions. To tackle this problem, effective heat mitigation strategies should be designed and implemented. But first, it is crucial to assess the magnitude of heat stress. The idea of having a single value characterizing the heat stress and strain experienced by

CONTACT Andreas D. Flouris and@wellbeinglab.com
Supplemental data for this article can be accessed here: <https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275>
© 2022 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

14101841-10
2022, VOL. 9, NO. 3, 263-273
https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275

PRIORITY REPORT Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Indicators to assess physiological heat strain – Part 2: Delphi exercise

Leonidas G. Ioannou ^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100}, Petros C. Dinas ¹, Sean R. Notley ¹, Flora Cofa ¹, George A. Gourzoulidis ¹, Matt Brearley ¹, Yoram Epstein ¹, George Havenith ¹, Michael N. Sawka ¹, Peter Bröde ¹, Igor B. Mekjavic ¹, Glen P. Kenny ¹, Thomas E. Bernard ¹, Lars Nybo ¹, and Andreas D. Flouris ¹

¹FAME Laboratory, Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Greece; ²Department of Nutrition, Exercise and Sports, August Krogh Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark; ³Human and Environmental Physiology Research Unit, Faculty of Health Sciences, University of Ottawa, Ottawa, Canada; ⁴Thermal Hyperthermia, Pty Ltd, Tullahoma, QLD, Australia; ⁵Thermal Hyperthermia, Pty Ltd, Tullahoma, QLD, Australia; ⁶Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Ramat Gan and the Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Ramat Hashikma, Israel; ⁷Environmental Ergonomics Research Centre, Loughborough Design School, Loughborough University, Loughborough, UK; ⁸School of Biological Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; ⁹Department of Immunology, Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors (IfU), Dortmund, Germany; ¹⁰Department of Automation, Biomechanics and Robotics, Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia; ¹¹Clinical Epidemiology Program, Ottawa Hospital Research Institute, Ottawa, Canada; ¹²College of Public Health, University of South Florida, Tampa, FL, USA

ABSTRACT
In a series of three companion papers published in this Journal, we identify and validate the available thermal stress indicators (TSIs). In this second paper of the series, we identified the criteria to consider when adopting a TSI to protect individuals who work in the heat, and we weighed their relative importance using a Delphi exercise with 20 experts. Two Delphi iterations were adequate to reach consensus within the expert panel (Cronbach's $\alpha = 0.88$) for a set of 17 criteria with varying weights that should be considered when adopting a TSI to protect individuals who work in the heat. These criteria considered physiological parameters such as cardiovascular body temperature, heart rate, and hydration status, as well as practicality, cost effectiveness, and health guidance issues. The 17 criteria were distributed across three occupational health-and-safety pillars: (i) contribution to improving occupational health (55% of total importance), (ii) mitigation of worker physiological strain (35.5% of total importance), and (iii) cost effectiveness (9.5% of total importance). These criteria (ii) relationship of a TSI with core temperature, (iii) having categories reflecting the level of heat stress experienced by workers, and (iii) using 15 heat stress categories to provide recommendations for occupational safety and health were considered significantly more important when selecting a TSI for protecting individuals who work in the heat, accumulating 37.2 percentage points. These 17 criteria allow the validation and comparison of TSIs that presently exist as well as those that may be developed in the coming years.

KEYWORDS
Occupational hyperthermia; thermal indices; heat index

ARTICLE HISTORY
Received 11 September 2021
Revised 15 February 2022
Accepted 15 February 2022

KEYWORDS
Occupational hyperthermia; thermal indices; heat index

Introduction
Occupational heat stress is detrimental for worker health and productivity [1–6]. This is a day to day issue for billions of people who perform their duties in hot environments [9], often exceeding their bodies' capacity for thermoregulation [1,8,10–12]. When elevated ambient temperatures are accompanied by work tasks requiring high metabolic demands, such as carrying or lifting weights, physiological heat strain increases dramatically [1,8,13,14]. This is an unavoidable combination in many occupations [15] and sometimes leads to fatal accidents at work [1,10–12], as well

as constant danger for life-threatening complications in cases where underlying cardiovascular diseases are present [16]. This is exacerbated by global warming which is worsening the conditions in which people perform their daily activities. Though this is expected to be more hazardous for people working and living close to the Earth's equator [9], individuals employed in heavily mechanized and industrialized workplaces are also subjected to increased physiological strain from heat stress [1]. The importance of this topic has driven hundreds of scientists to develop sophisticated equations, known as thermal stress

CONTACT Andreas D. Flouris and@wellbeinglab.com
Supplemental data for this article can be accessed here: <https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275>
© 2022 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

14101841-10
2022, VOL. 9, NO. 3, 274-291
https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275

RESEARCH PAPER Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Indicators to assess physiological heat strain – Part 3: Multi-country field evaluation and consensus recommendations

Leonidas G. Ioannou ^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100}, Lydia Tsoutsoubi ¹, Konstantinos Mantzios ¹, Maria Vliora ¹, Eleni Nintou ¹, Jacob F. Pail ¹, Sean R. Notley ¹, Petros C. Dinas ¹, George A. Gourzoulidis ¹, George Havenith ¹, Matt Brearley ¹, Igor B. Mekjavic ¹, Glen P. Kenny ¹, Lars Nybo ¹, and Andreas D. Flouris ¹

¹FAME Laboratory, Department of Physical Education and Sport Science, University of Thessaly, Trikala, Greece; ²Department of Nutrition, Exercise and Sports, August Krogh Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark; ³Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Ramat Gan and the Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Ramat Hashikma, Israel; ⁴Environmental Ergonomics Research Centre, Loughborough Design School, Loughborough University, Loughborough, UK; ⁵National Critical Care and Trauma Response Centre, Royal Darwin Hospital, Darwin, Northern Territory, Australia; ⁶Thermal Hyperthermia, Pty Ltd, Tullahoma, QLD, Australia; ⁷Thermal Hyperthermia, Pty Ltd, Tullahoma, QLD, Australia; ⁸Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Ramat Gan and the Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Ramat Hashikma, Israel; ⁹Environmental Ergonomics Research Centre, Loughborough Design School, Loughborough University, Loughborough, UK; ¹⁰School of Biological Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; ¹¹Department of Immunology, Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors (IfU), Dortmund, Germany; ¹²Department of Automation, Biomechanics and Robotics, Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia; ¹³Clinical Epidemiology Program, Ottawa Hospital Research Institute, Ottawa, Canada; ¹⁴College of Public Health, University of South Florida, Tampa, FL, USA

ABSTRACT
In a series of three companion papers published in this Journal, we identify and validate the available thermal stress indicators (TSIs). In this third paper, we conducted field experiments across nine countries to evaluate the efficacy of 61 meteorology-based TSIs for assessing the physiological strain experienced by individuals working in the heat. We monitored 372 experienced and acclimated workers during 894 full work shifts. We continuously assessed core body temperature, mean skin temperature, and heart rate data together with jobpost usage, specific gravity and color. The TSIs were evaluated against 17 published criteria covering physiological parameters, practicality, cost effectiveness, and health guidance issues. Simple meteorological parameters explained only a fraction of the variance in physiological heat strain ($R^2 = 0.016$ to 0.247 , $p < 0.001$), reflecting the importance of adopting more sophisticated TSIs. Nearly all TSIs correlated with mean skin temperature (59%), mean body temperature (57%), and heart rate (92%), while 66% of TSIs correlated with the magnitude of dehydration and 59% correlated with core body temperature ($r = 0.031$ to 0.602 ; $p < 0.05$). When evaluated against the 17 published criteria, the TSI scores from 4.7 to 55.6; (max score = 100%). The indices (55.6%) and outdoor (55.1%) Wet-Bulb Globe Temperature and the Universal Thermal Climate Index (51.7%) scored higher compared to other TSIs (4.7 to 42.0%). Therefore, these three TSIs have the highest potential to assess the physiological strain experienced by individuals working in the heat.

KEYWORDS
Occupational heat strain; work-related hyperthermia; thermal indices; heat index; outdoor core temperature; dehydration; heart rate

Introduction
Working in hot environments directly threatens people's ability to live healthy and productive lives. Thirty-five percent of people who work in the heat experience physiological heat strain, which is associated with unfavorable health outcomes [1]. A number of heat mitigation measures have been proposed to address this issue, most of which require the adoption of thermal stress indicators (TSIs) [2–5]. These indicators are mathematical equations that combine two or more meteorological factors (temperature, humidity, wind, and solar radiation) to explain the physiological heat stress/strain experienced by someone.

In a series of three companion papers published in this Journal, we addressed the following three objectives. We identified the TSIs developed since the dawn of scientific research (part 1) [6], we conducted a Delphi exercise to understand what is important to consider when adopting a TSI to protect individuals who work in the heat (part 2) [7], and we conducted field experiments across nine countries to evaluate the efficacy of each TSI for quantifying the physiological strain experienced by individuals who work in the heat (part 3; present article). The first article [6] of this series identified 340 unique TSIs previously developed to assess the heat stress and strain experienced by

CONTACT Andreas D. Flouris and@wellbeinglab.com
Supplemental data for this article can be accessed here: <https://doi.org/10.1080/23315383.2022.2107275>
© 2022 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

- ← **340** δείκτες θερμικής καταπόνησης αναπτύχθηκαν μεταξύ 200 π.Χ. και 2019 μ.Χ. για την αξιολόγηση της θερμικής και της σωματικής καταπόνησης που βιώνουν άτομα που εκτελούν διάφορες δραστηριότητες σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών
 - **153** νομογράμματα, συγκεκριμένα όργανα και πολύπλοκα μοντέλα
 - **187** μαθηματικές εξισώσεις που υπολογίζονται με μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία)
 - ← **61** έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε εργασιακούς χώρους

- ↪ Σε μελέτες πεδίου σε 9 χώρες (372 εργαζόμενοι σε 893 βάρδιες εργασίας) αξιολογήσαμε τη θερμοκρασία πυρήνα του σώματος, τη μέση θερμοκρασία δέρματος, τον καρδιακό παλμό και το ειδικό βάρος και το χρώμα των ούρων
- γεωργία, κατασκευές, μεταποίηση, τουρισμός, κατασκευές



↪ Η ακρίβεια πρόβλεψης της εργασιακής θερμικής καταπόνησης από τους 61 δείκτες ήταν 4.7 έως 55.4%

↪ Οι πιο έγκυροι δείκτες:

– Θερμοκρασία Υγρού Βολβού & Μαύρου Σφαιριδίου (ΘΥΒΜΑΣ) για εσωτερικούς χώρους (55.4%)

↪ indoor Wet-Bulb Globe Temperature

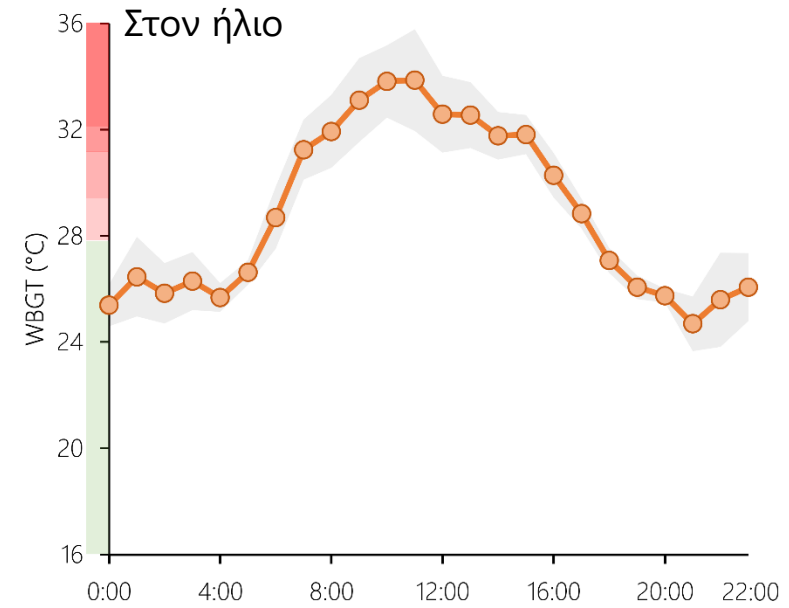
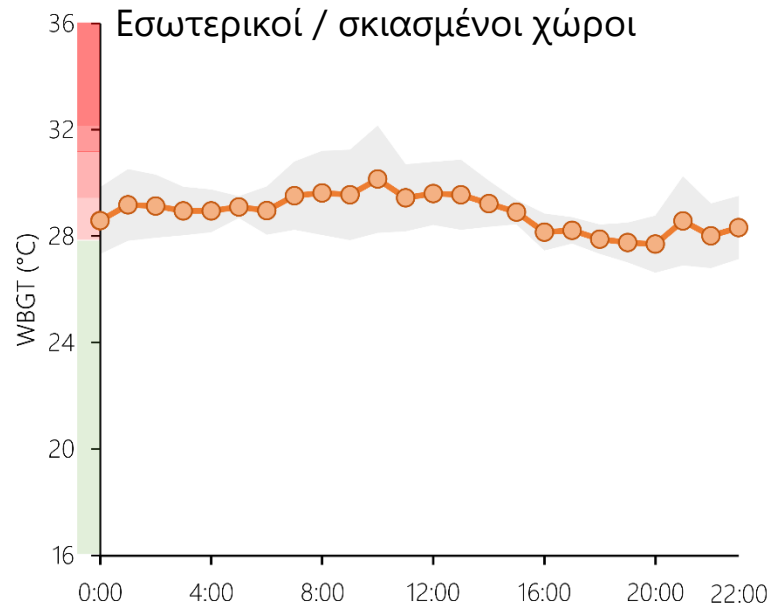
– Θερμοκρασία Υγρού Βολβού & Μαύρου Σφαιριδίου (ΘΥΒΜΑΣ) για εξωτερικούς χώρους (55.1%)

↪ outdoor Wet-Bulb Globe Temperature

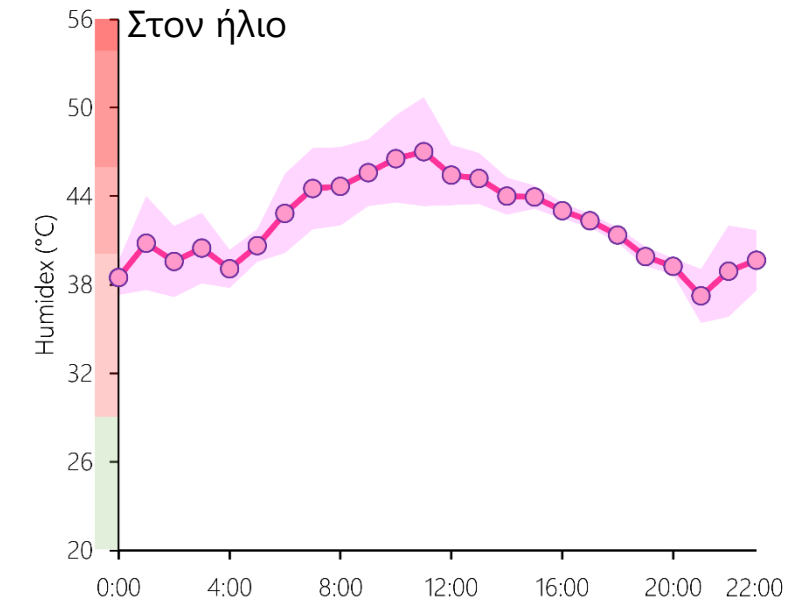
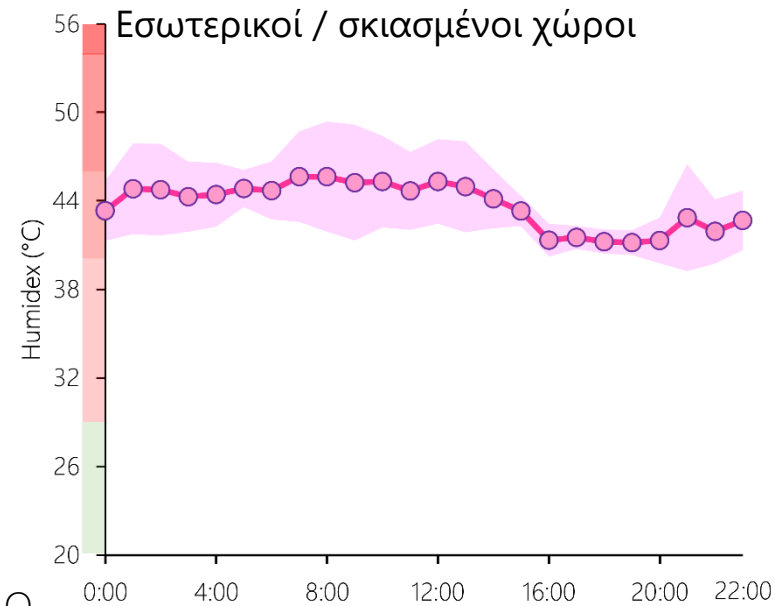


← ΘΥΒΜΑΣ

- χαμηλή θερμ. καταπόνηση σε εσωτερικούς / σκιερούς χώρους
- υψηλή θερμ. καταπόνηση κάτω από τον ήλιο στη μέση της ημέρας



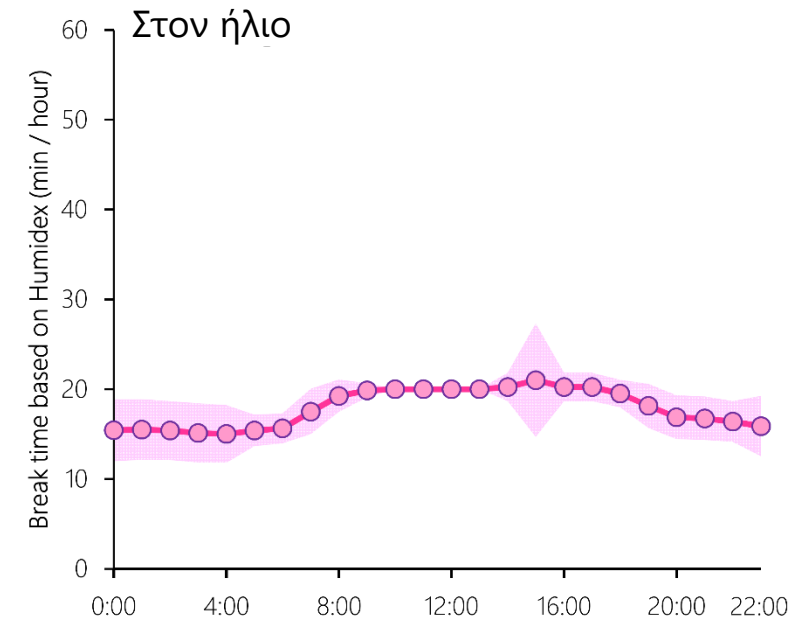
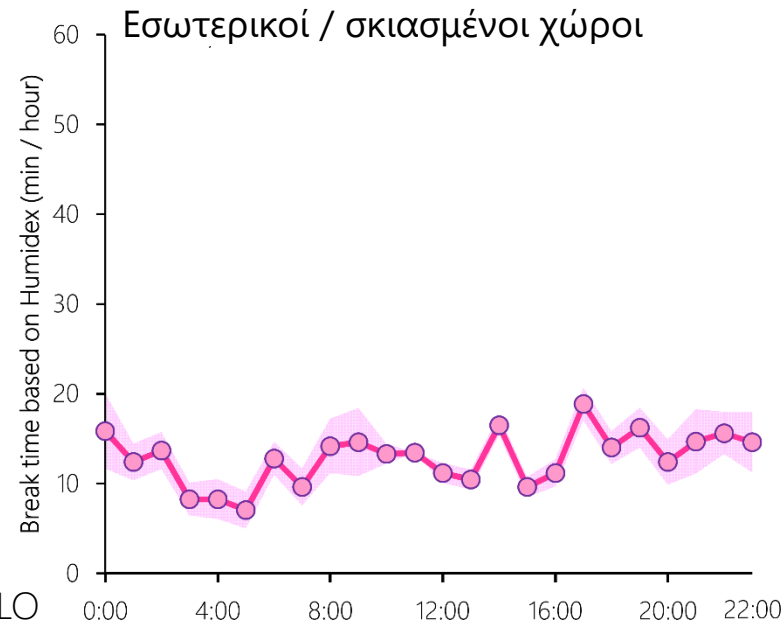
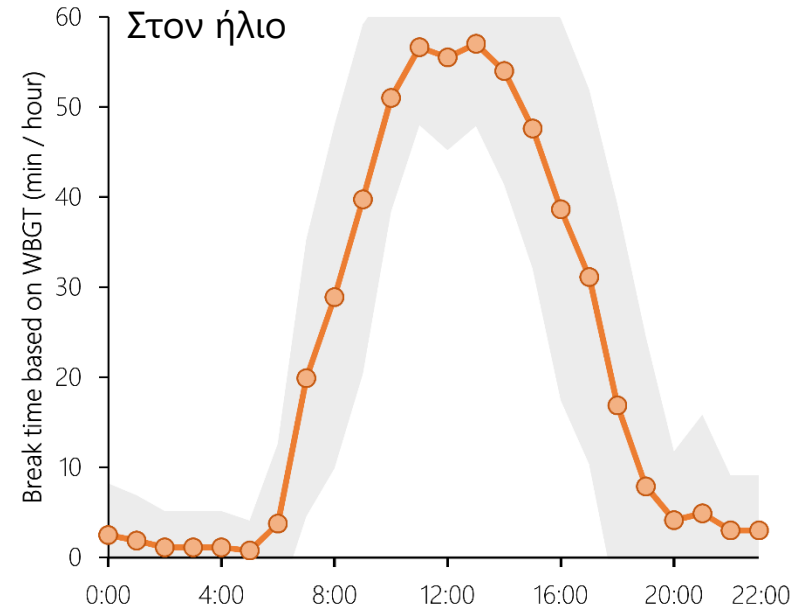
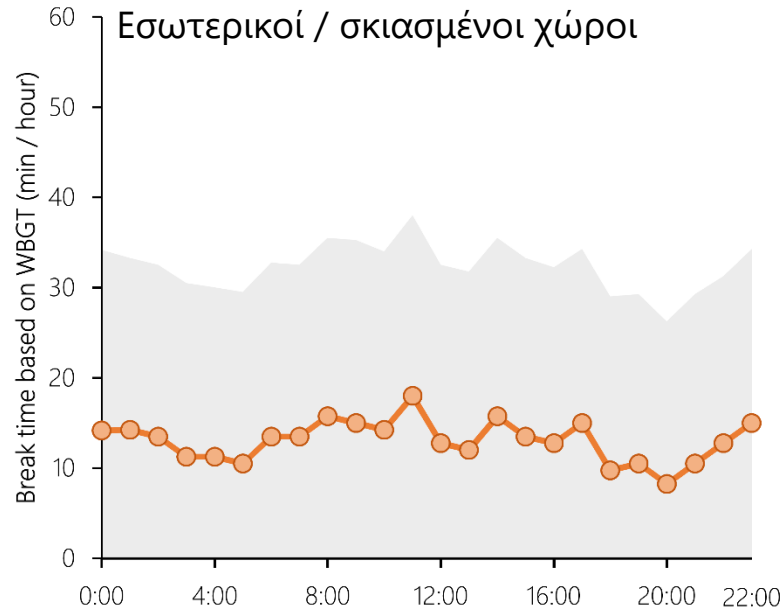
- ← Το **Humidex** δεν αντικατοπτρίζει πλήρως τη διαφορά μεταξύ της εργασίας σε εσωτερικούς / σκιερούς χώρους έναντι των εργασιών κάτω από τον ήλιο



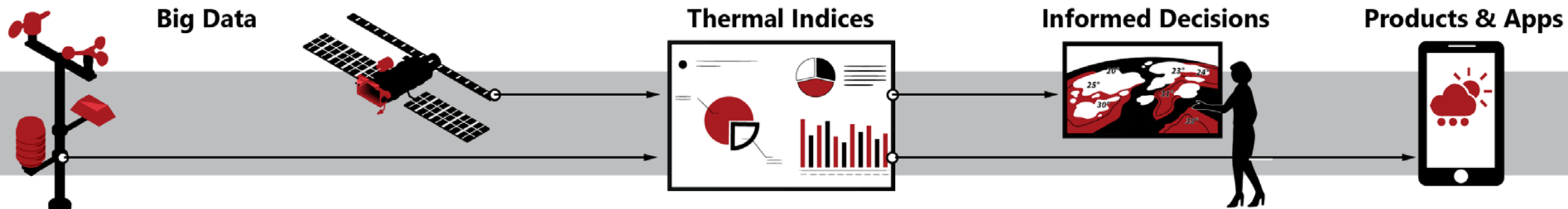
← ΘΥΒΜΑΣ

- η εργασία σε **εσωτερικούς / σκιερούς χώρους** συνεχίζεται με μέσο διάλειμμα 15 λεπτά ανά ώρα
- η εργασία **στον ήλιο** πρέπει να σταματήσει μεταξύ 10:00 και 15:00

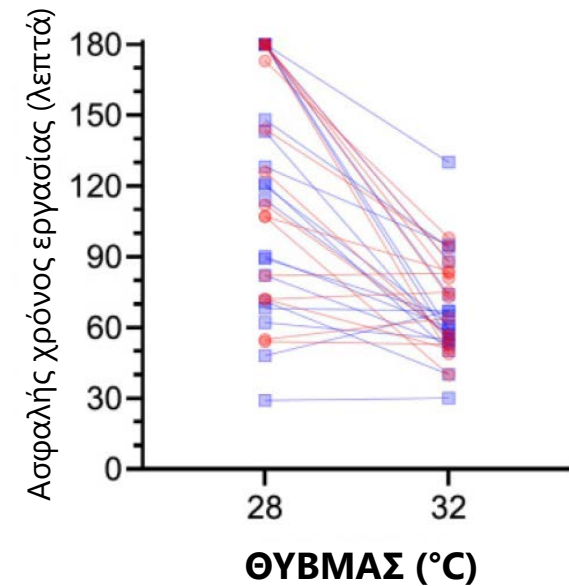
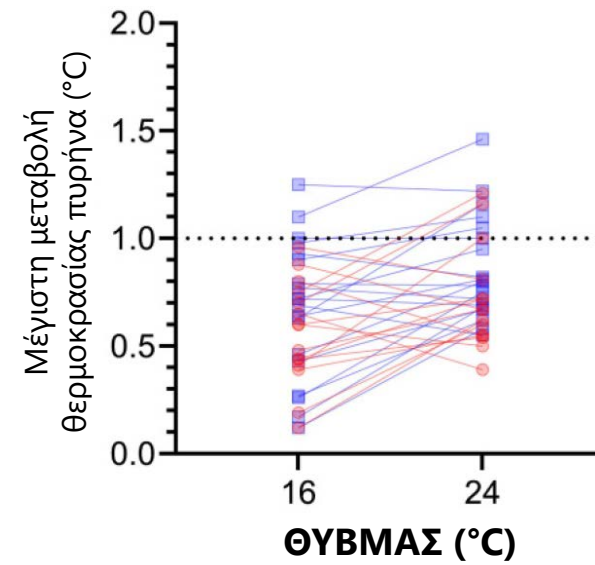
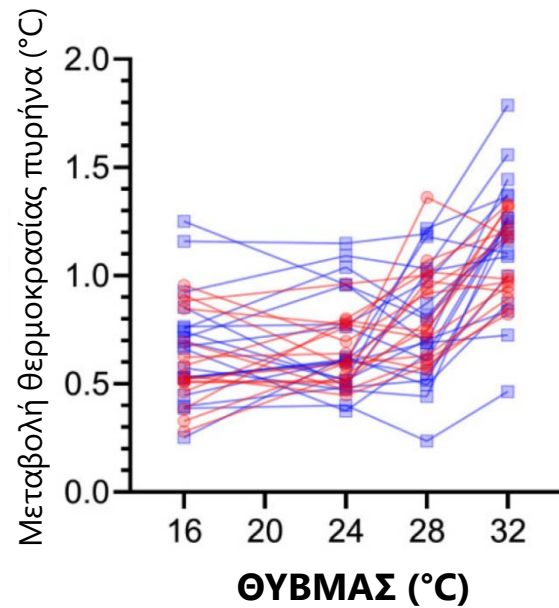
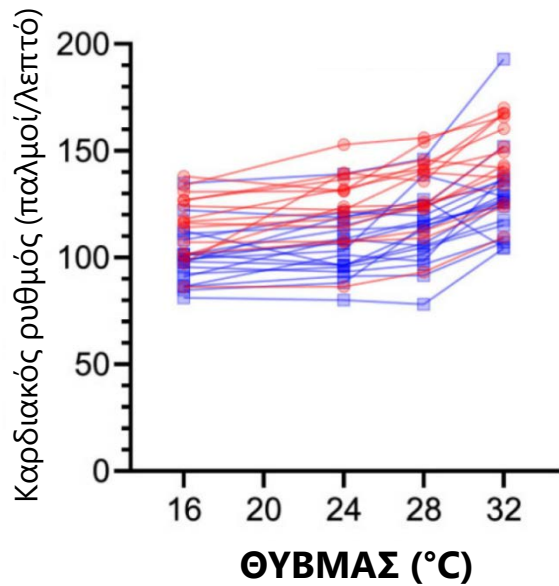
← Το **Humidex** δεν παρέχει ασφαλείς οδηγίες



- ← Η **ΘΥΒΜΑΣ** είναι ο πιο αποτελεσματικός δείκτης από όσους χρησιμοποιούν μόνο μετεωρολογικά δεδομένα για την ποσοτικοποίηση της θερμικής καταπόνησης που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι σε διαφορετικά επαγγελματικά περιβάλλοντα
- ← Η απλή μέτρηση μιας ή δύο μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, υγρασία, άνεμος, ηλιακή ακτινοβολία) δεν αντικατοπτρίζει επαρκώς τη σωματική θερμική καταπόνηση που αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι

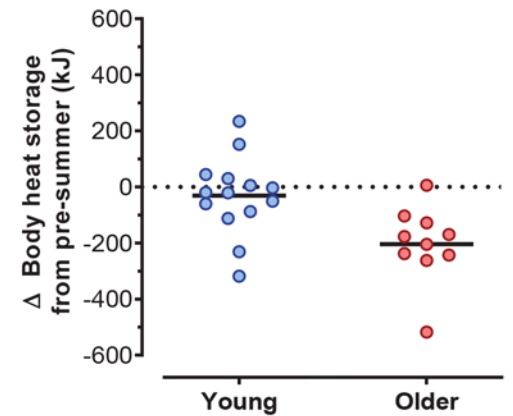
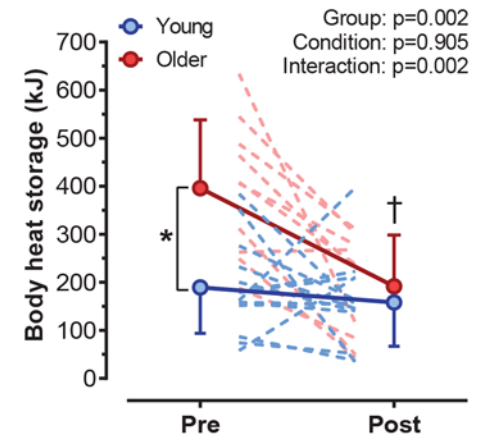
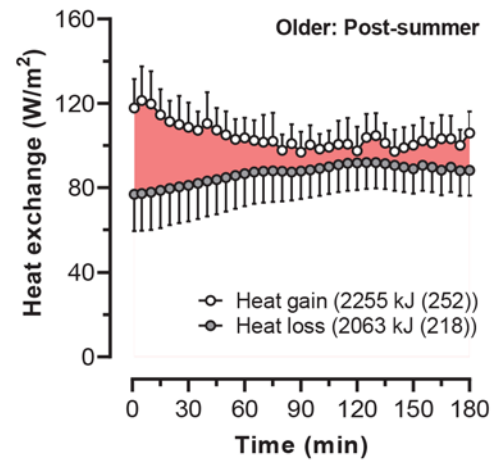
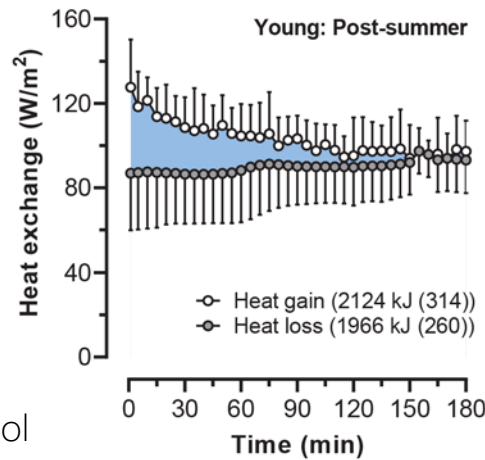
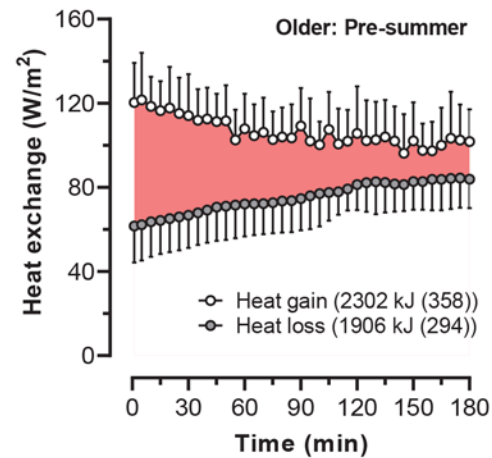
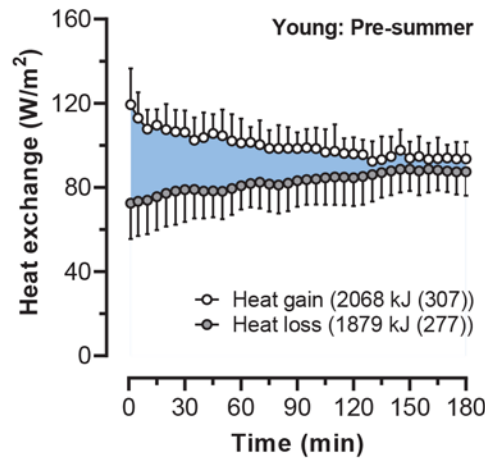


- Μελέτη εργαστηρίου σε 34 γυναίκες και άνδρες με προσομοίωση εργασίας μέτριας έντασης (200 W/m^2) για 3 ώρες

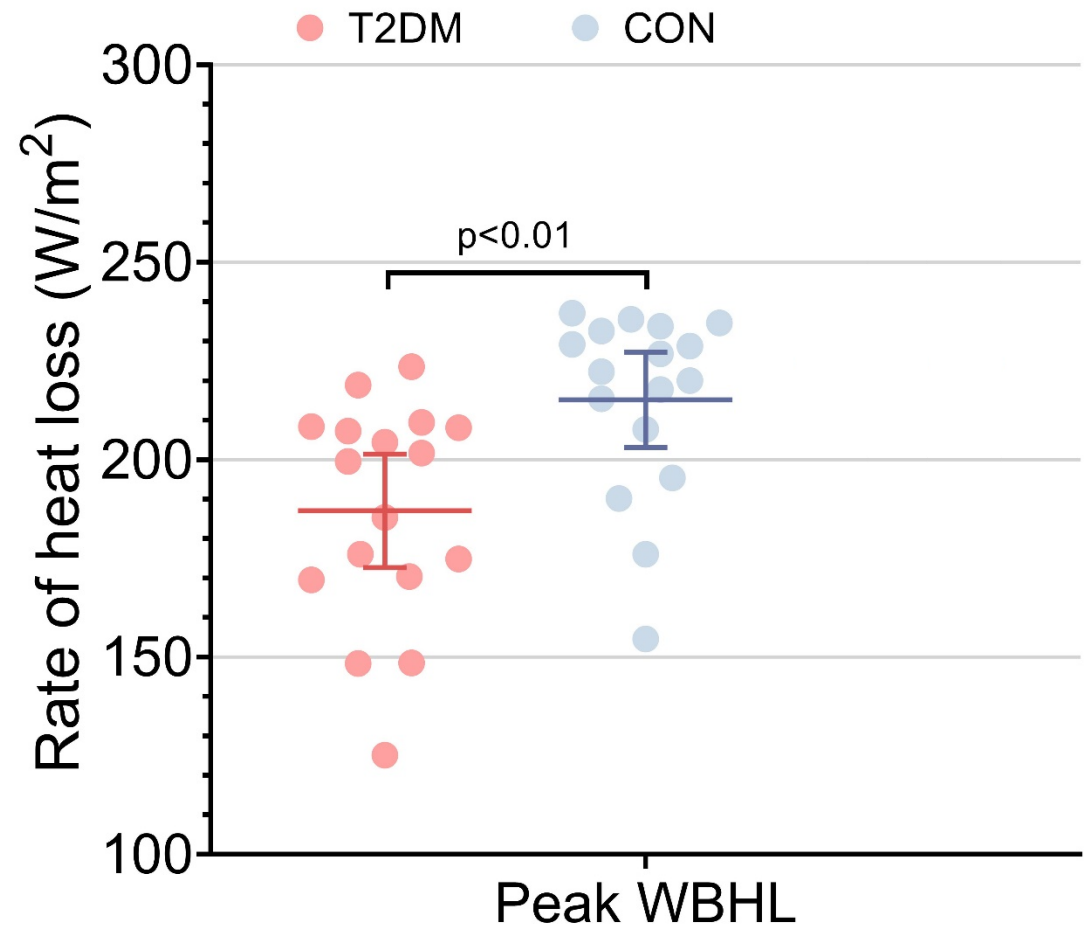


Ο **φυσικός εγκλιματισμός** κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μειώνει τη θερμική καταπόνηση, ιδιαίτερα σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (>55 ετών)

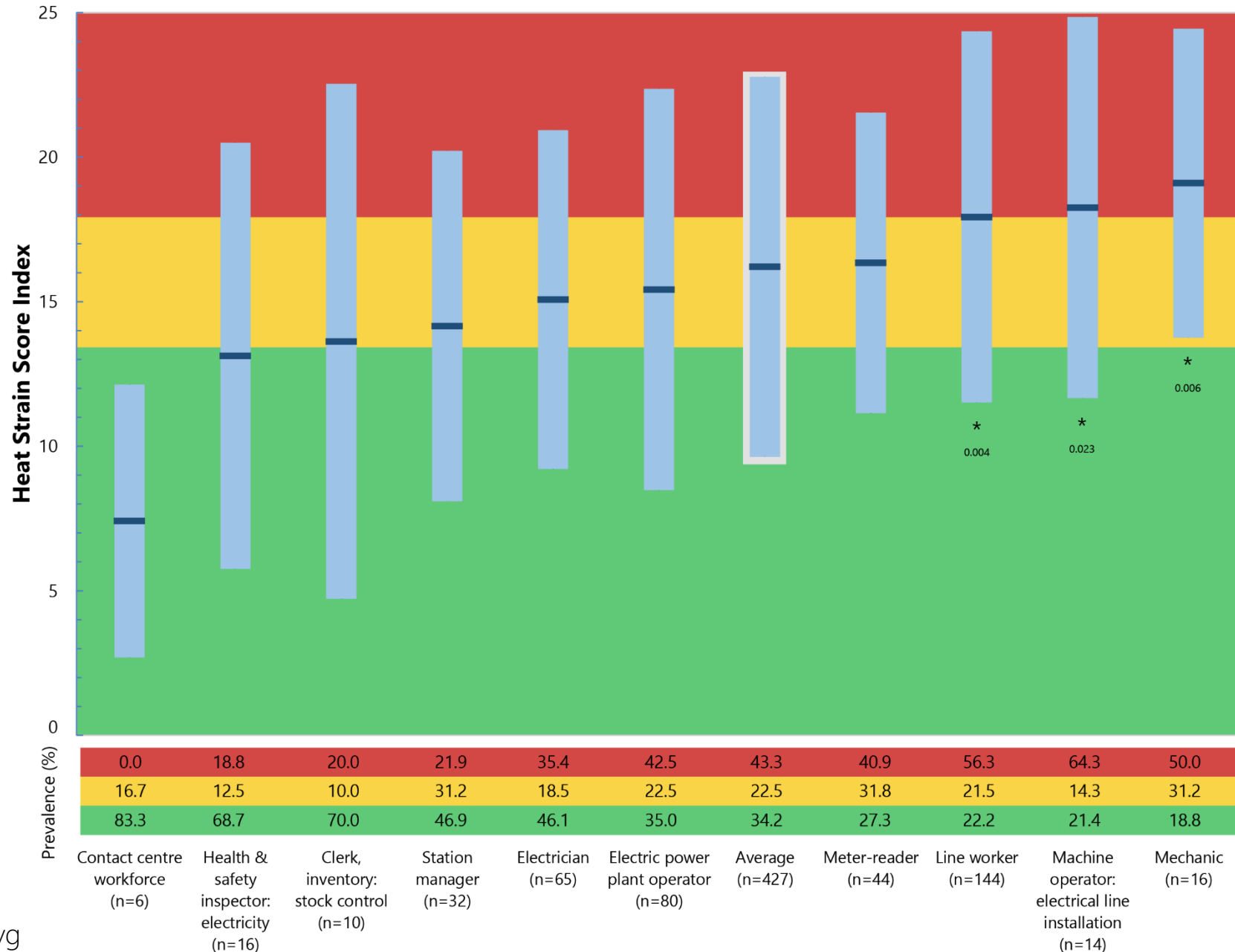
– εδώ, η συσσώρευση θερμότητας ήταν χαμηλότερη μετά το καλοκαίρι σε άτομα 55-70 ετών, αλλά δεν είχε διαφορά σε άτομα 20-30 ετών



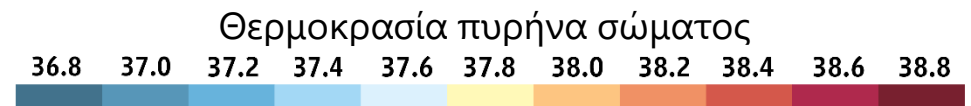
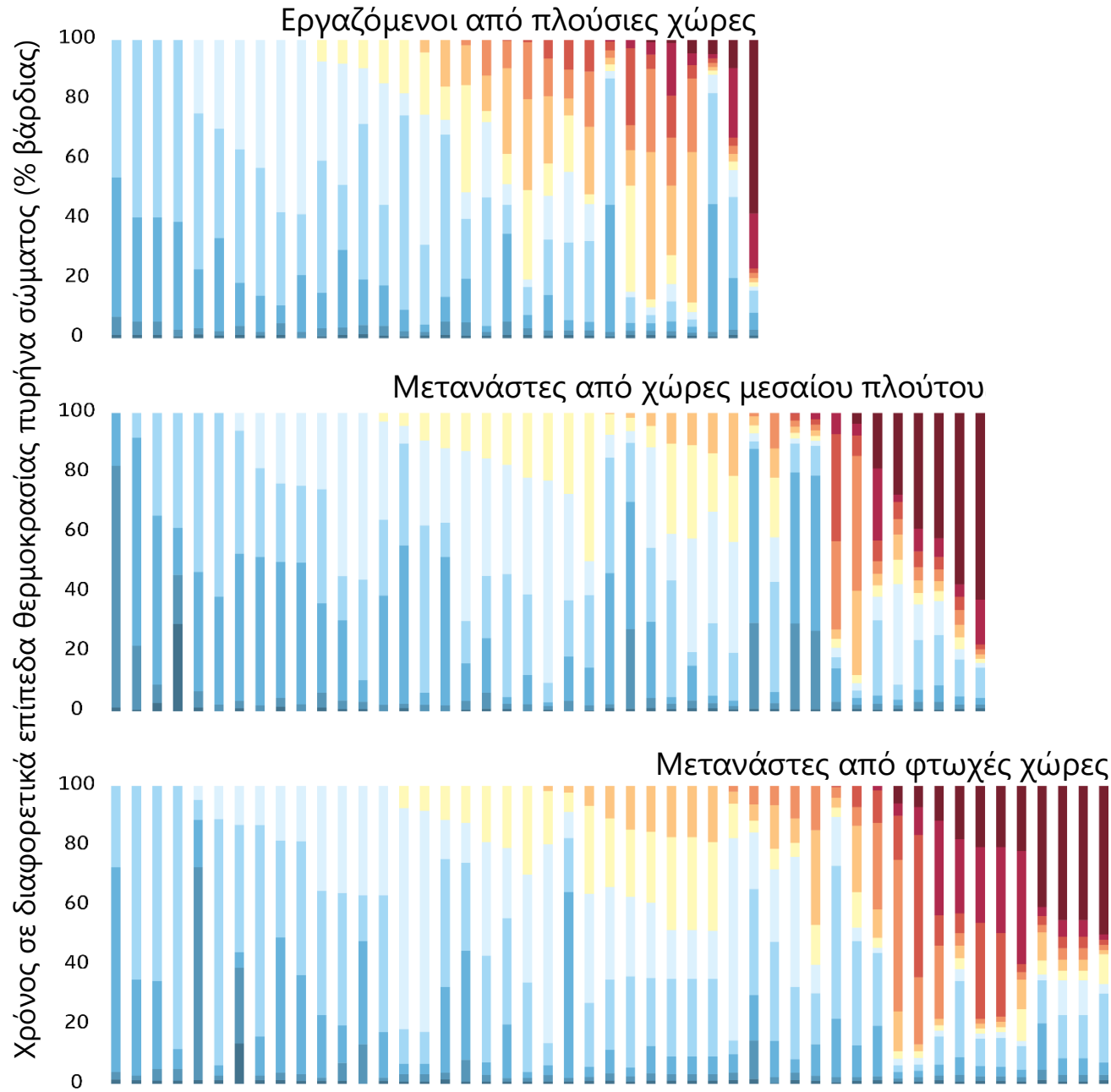
- Οι σωματικά δραστήριοι μεσήλικες και ηλικιωμένοι άνδρες με καλά ελεγχόμενο διαβήτη τύπου 2 έχουν μειωμένη ικανότητα απώλειας θερμότητας κατά την εργασία στη ζέστη, κυρίως λόγω της **μειωμένης έκκρισης ιδρώτα**
- Η θερμική καταπόνηση είναι **ρίσκο για την υγεία** των εργαζομένων με διαβήτη τύπου 2



↳ Ρίσκο για θερμική καταπόνηση στον κλάδο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Ανοχή στη ζέστη – κοινωνικοί & φυλετικοί παράγοντες



← Κλάδος

← Τύπος εργασίας

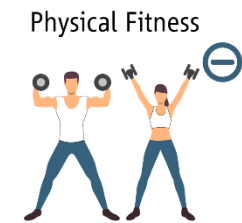
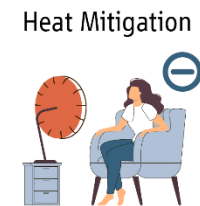
← Ιστορικό ασθένειας σχετικής με τη ζέστη

Ioannou et al., 2022 Temperature
 Notley et al., 2022 APNM
 Notley et al., 2020 Exp Physiol
 Kenny et al., 2020
 Notley et al., 2019 Exp Physiol
 Notley et al., 2019 Am J Ind Med
 Flouris et al., 2018 Lancet Plan Health
 Flouris et al., 2017 Temperature
 Kenny et al., 2016 APNM
 Flouris & Piantoni, 2015 Temperature
 Kenny & Flouris, 2014

Δια-ατομικοί



Ενδο-ατομικοί



Πως προχωράμε μπροστά

- ↪ Εξατομικευμένο σύστημα προειδοποίησης
- ↪ Στρατηγικές προσαρμογής

διαλείμματα



ενυδάτωση



μηχανοποίηση

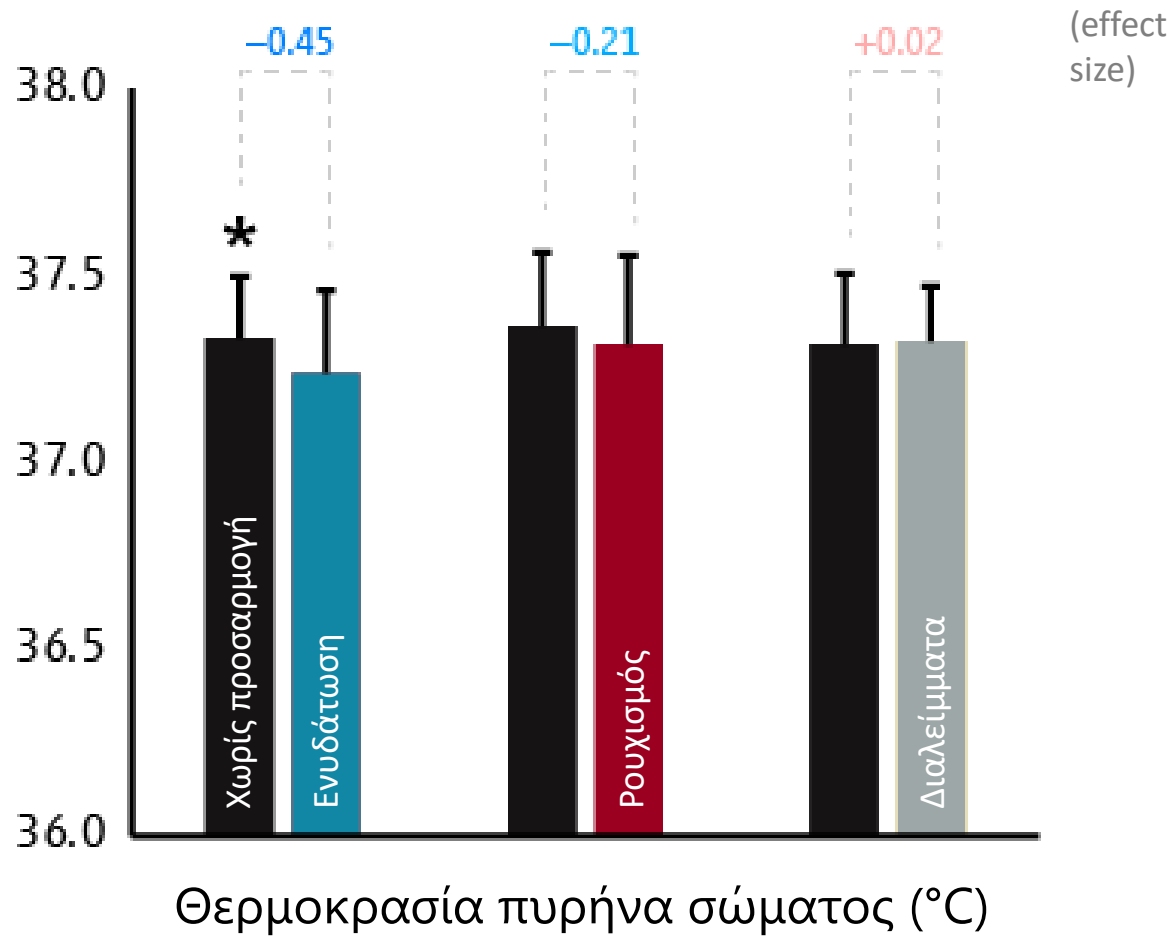


ρουχισμός

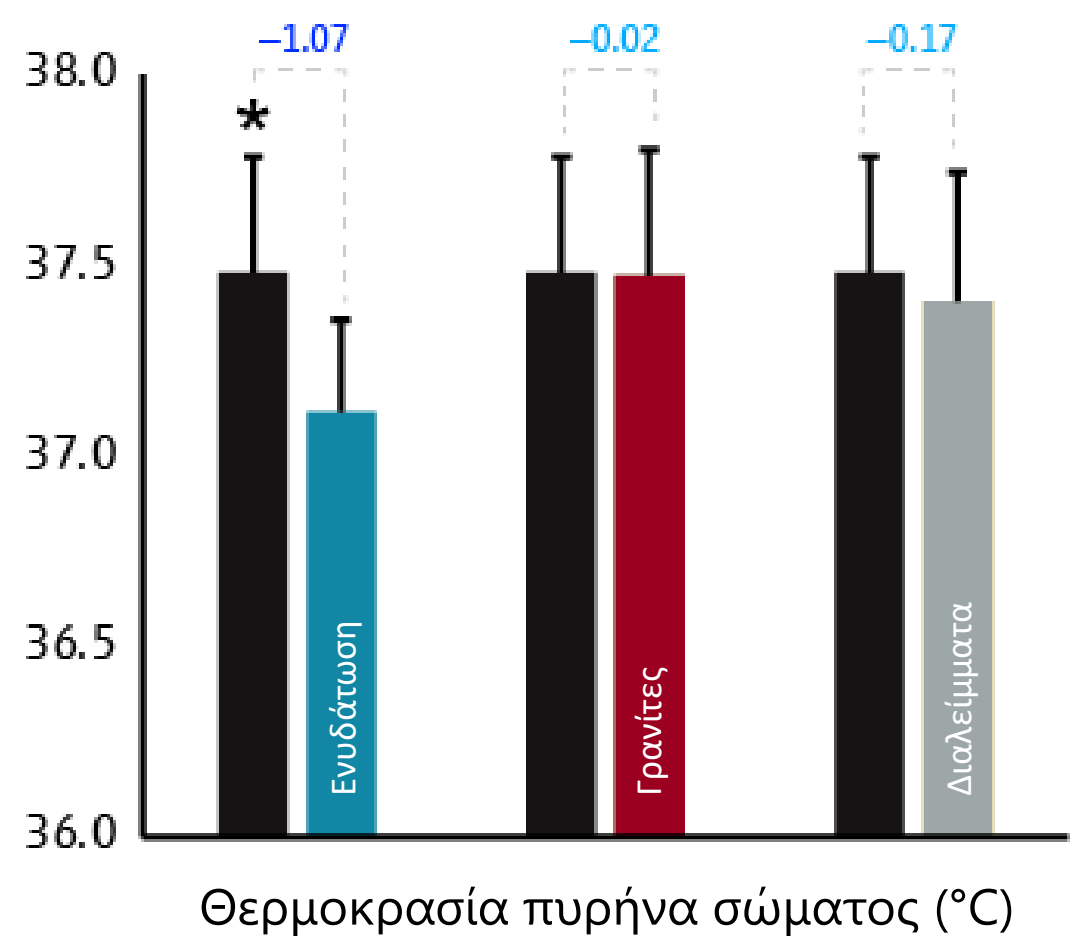


- ↪ Ευάλωτοι εργαζόμενοι

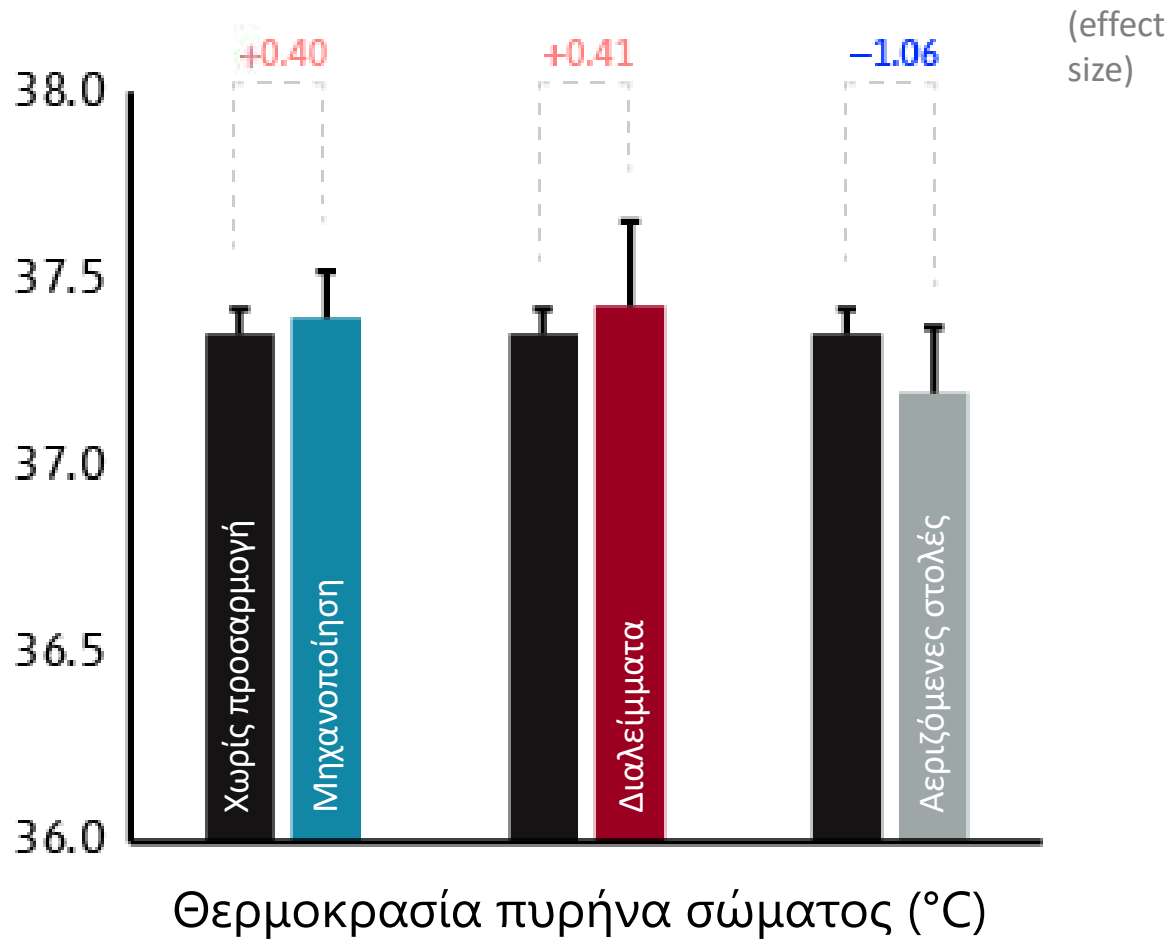
Κατασκευές (Κατάρ)



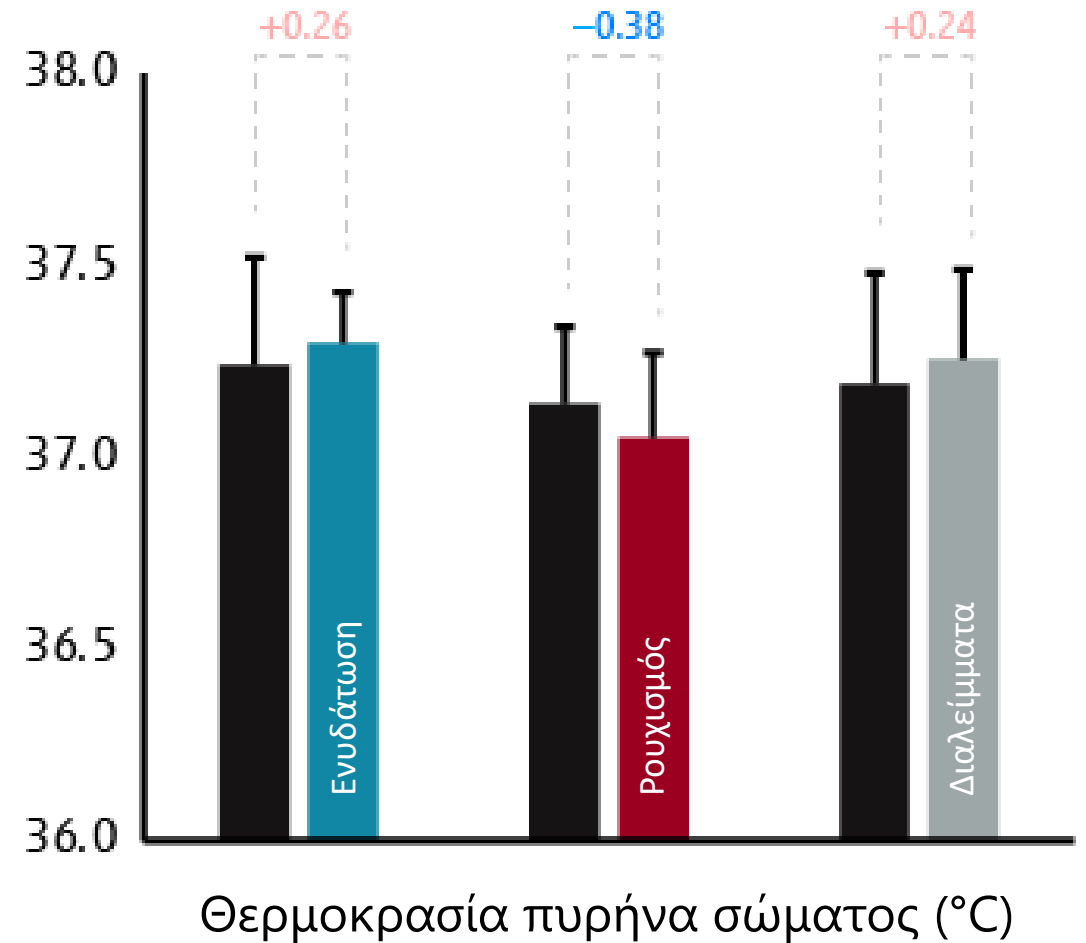
Κατασκευές (Ισπανία)



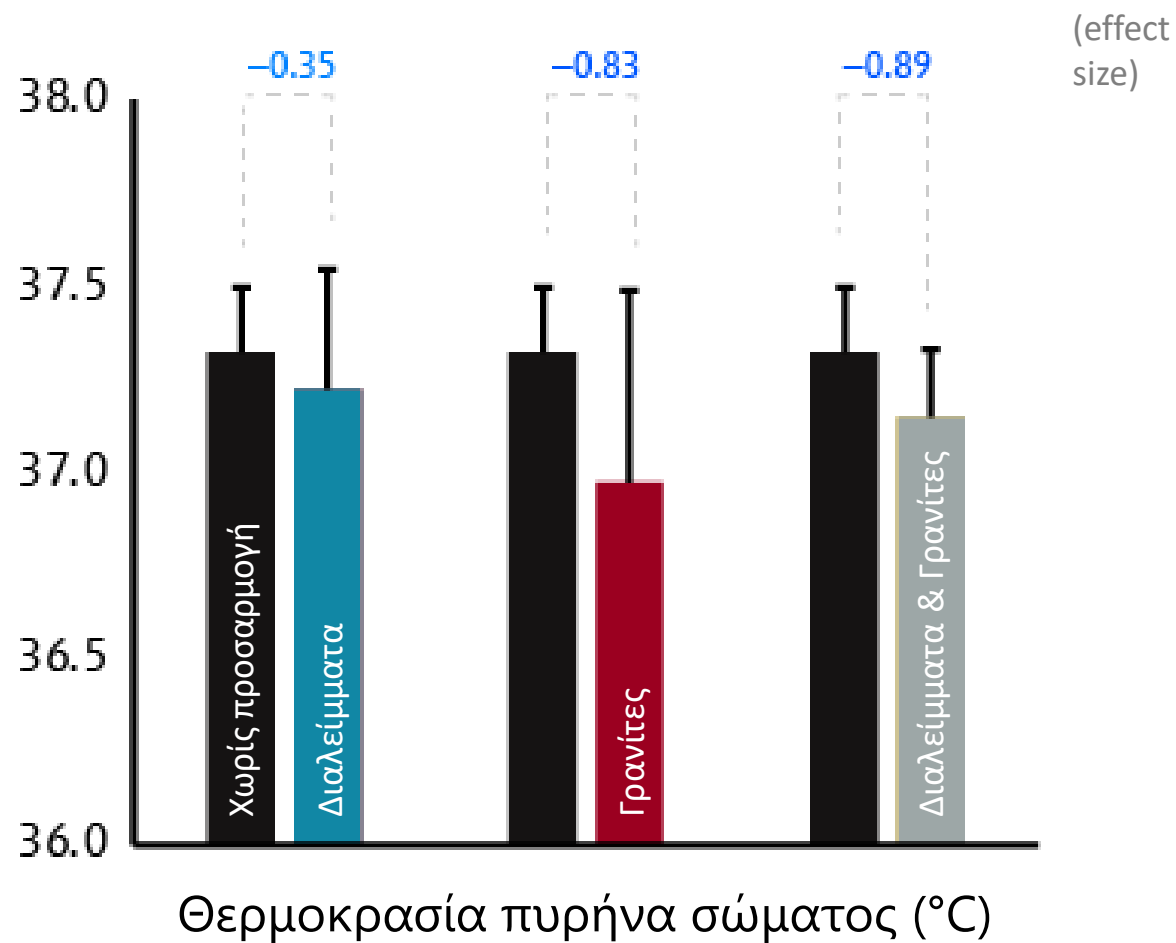
Γεωργία (Κύπρος)



Γεωργία (Κατάρ)

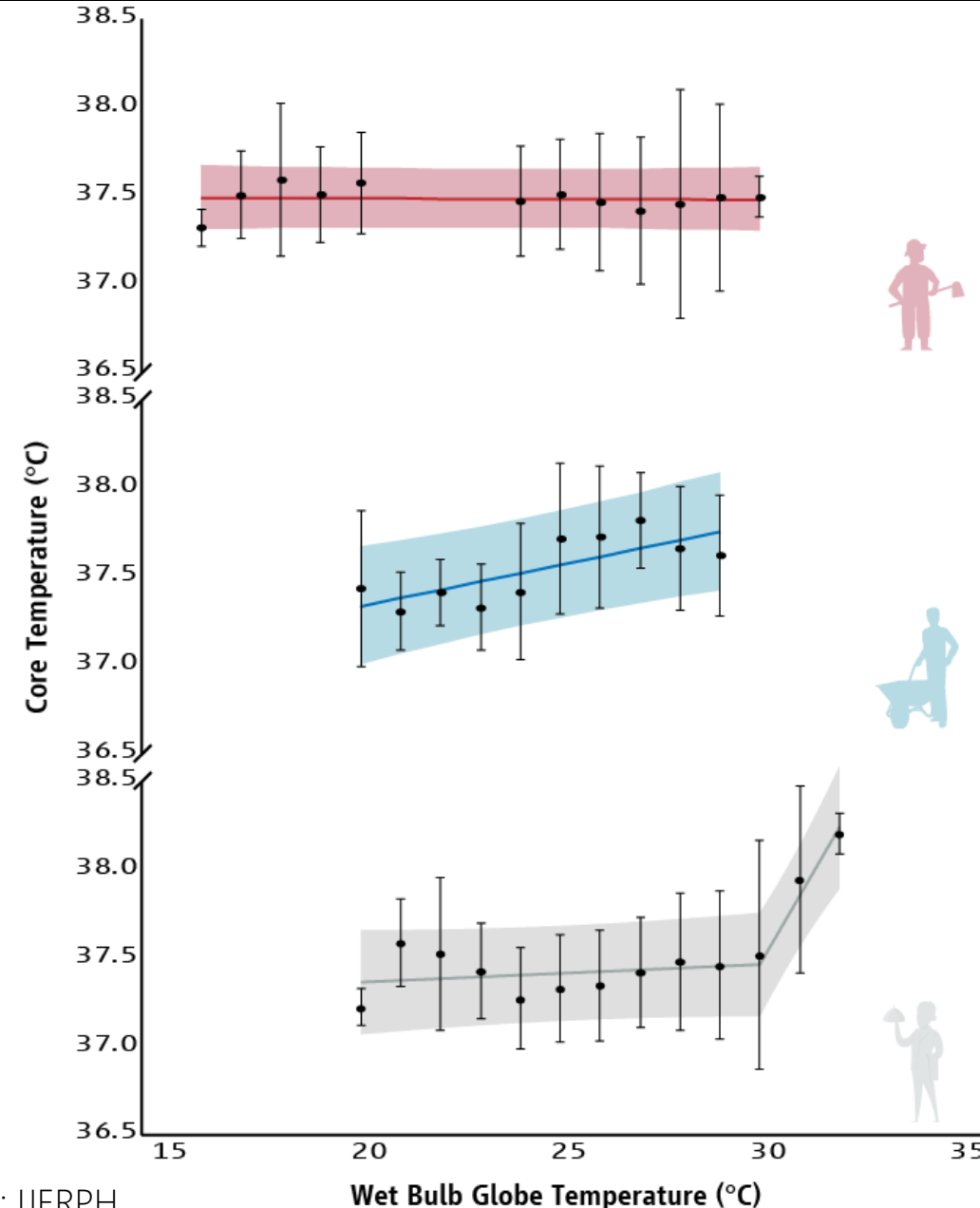


Τουρισμός (Ελλάδα)

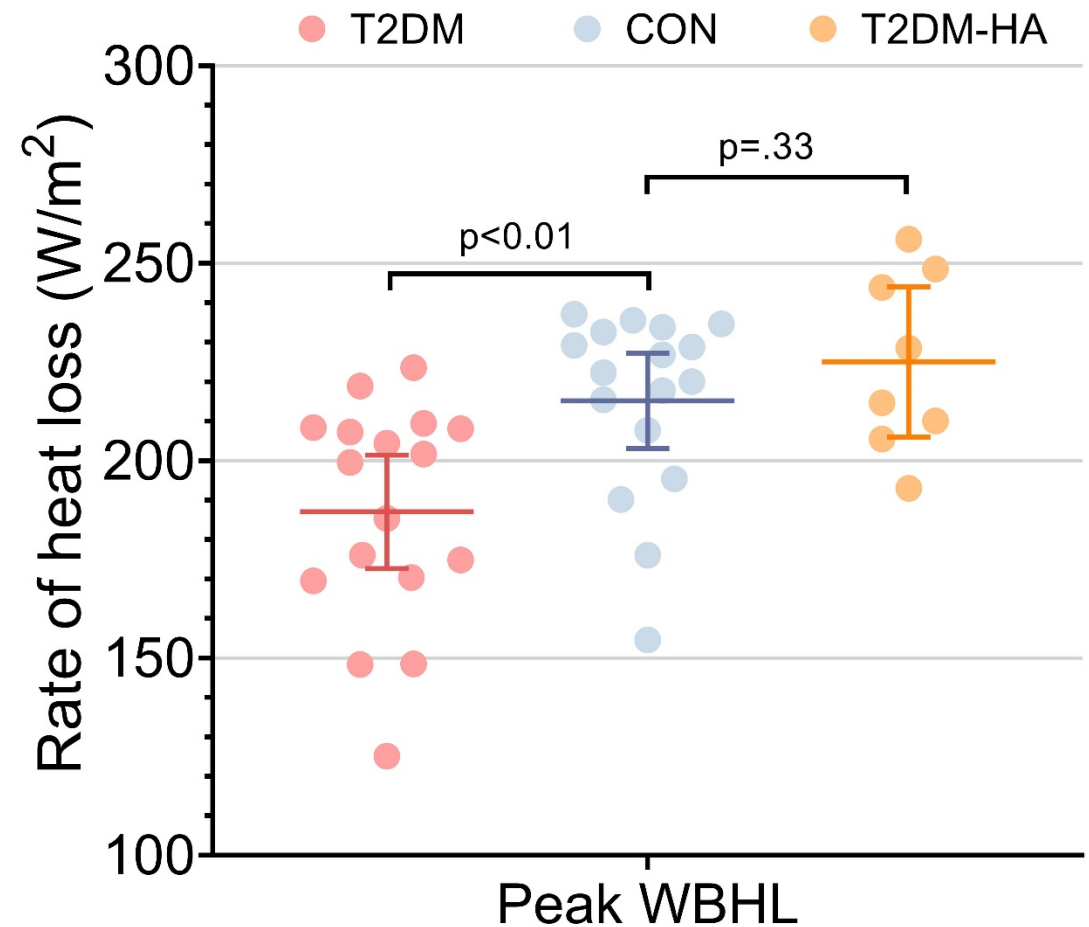


Ζέστη στο χώρο εργασίας – το κλειδί είναι ο ρυθμός

- ✦ Όταν η **αυτό-ρύθμιση της εργασίας** είναι εφικτή, είναι αποτελεσματική στη μείωση του κινδύνου για υπερθερμία ακόμη κι αν η εργασία γίνεται στη ζέστη
 - αυτό παρατηρείται συχνά στη γεωργία (**κόκκινο** χρώμα στο γράφημα) και σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας στον τουρισμό (**γκρι** χρώμα στο γράφημα, επίπεδο τμήμα της γραμμής)
- ✦ Σε περιπτώσεις όπου η **αυτό-ρύθμιση της εργασίας** είναι ανέφικτη, η θερμοκρασία του πυρήνα μπορεί να αυξηθεί σε επικίνδυνα επίπεδα
 - αυτό παρατηρείται συχνά στις κατασκευές (**μπλε** χρώμα στο γράφημα) και σε συγκεκριμένες θέσεις εργασίας στον τουρισμό (**γκρι** χρώμα στο γράφημα, διαγώνια γραμμή)



- Τα άτομα με διαβήτη τύπου 2 δείχνουν μεγαλύτερη βελτίωση στην ικανότητα απώλειας θερμότητας από ό,τι οι υγιείς μάρτυρες μετά από θερμικό εγκλιματισμό
- Ο εγκλιματισμός είναι μια **βασική στρατηγική** που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την έναρξη του καλοκαιριού, ιδιαίτερα για τους ευάλωτους εργαζόμενους
 - **επαν-εγκλιματισμός** μετά από άδεια ή ασθένεια



- ↪ **750 mL νερού κάθε ώρα εργασίας** στη ζέστη μειώνει την εργασιακή θερμική καταπόνηση χωρίς να επηρεάσει την παραγωγικότητα
 - αυτή η στρατηγική μείωσε τον κίνδυνο αφυδάτωσης κατά **54%** σε εργαζόμενους στη γεωργία στο Κατάρ, κατά **97%** σε εργαζόμενους σε κατασκευές στο Κατάρ και κατά **13%** σε εργαζόμενους σε κατασκευές στην Ισπανία
- ↪ Η ενυδάτωση είναι η **πιο σημαντική** και **οικονομικά βιώσιμη** στρατηγική μετριασμού για την εργασιακή θερμική καταπόνηση



- ↪ Διαλείμματα **90 δευτ.** κάθε μισή ώρα εργασίας δεν μειώνει τη θερμική καταπόνηση που βιώνουν οι εργαζόμενοι στη γεωργία και τον τουρισμό. Ομοίως, δύο διαλείμματα των **7 λεπτών** κατά τη διάρκεια της βάρδιας δεν μειώνουν τη θερμική καταπόνηση που βιώνουν οι εργαζόμενοι στις κατασκευές
- ↪ Ένα διάλειμμα **10 λεπτών** κάθε 50 λεπτά συνεχούς εργασίας έχει μια μικρή ευεργετική επίδραση στη θερμική καταπόνηση που βιώνουν οι εργαζόμενοι στις κατασκευές
 - όταν είναι εφικτό, τα μεγαλύτερα και πιο συχνά διαλείμματα λειτουργούν καλύτερα



- ↪ Η παροχή ενός καροτσιού με μηχανή σε εργάτες στη γεωργία ικανό να μεταφέρει έως και 225 κιλά χωρίς σωματική προσπάθεια δεν επηρεάζει τη θερμική καταπόνηση που βιώνουν, αλλά η χρήση του οδηγεί σε **αύξηση 63% της παραγωγικότητας**
 - αυτό επιτρέπει περισσότερα διαλείμματα
- ↪ Όταν οι εργαζόμενοι δεν πληρώνονται με βάση τον όγκο της σοδειάς, **η μηχανοποίηση είναι αποτελεσματική** στη μείωση της θερμικής καταπόνησης που βιώνουν

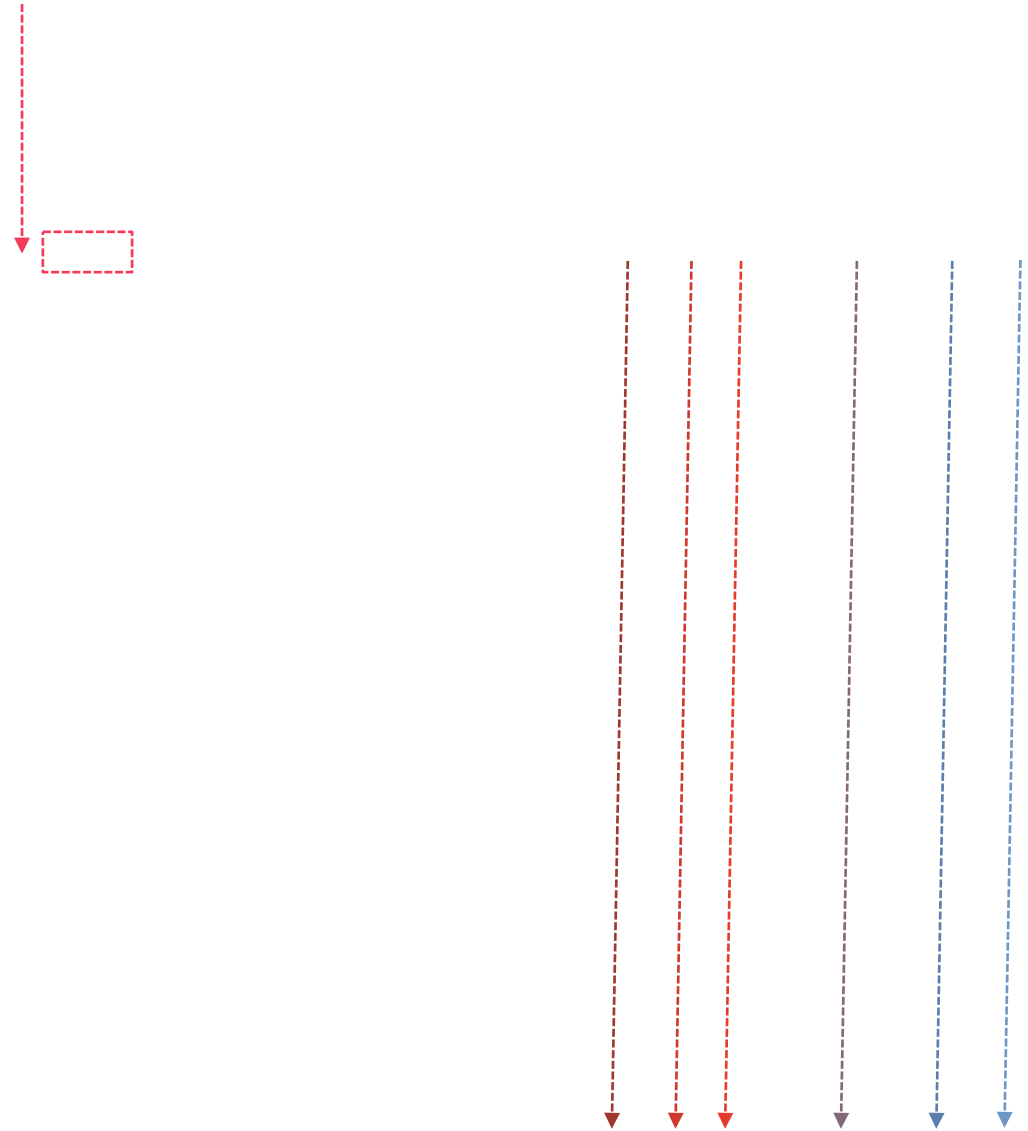


- ↪ Τα αεριζόμενα ρούχα (κοντομάνικα πουκάμισα με ενσωματωμένους ηλεκτρικούς ανεμιστήρες) μειώνουν τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων στη γεωργία, αλλά έχουν περιορισμένη πρακτικότητα
- ↪ Τα ειδικά ρούχα εργασίας που επιτρέπουν στο χρήστη να βρέξει μέρη τους παρέχουν περιορισμένο όφελος για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης των εργαζομένων στους τομείς των κατασκευών ή της γεωργίας
 - οι εργαζόμενοι συχνά δεν ακολουθούν τις οδηγίες του κατασκευαστή
- ↪ Χαλαρές, ανοιχτόχρωμες φόρμες εργασίας από υφάσματα που αναπνέουν (κόστος: 8.5€) μείωσαν τη θερμική καταπόνηση των εργαζομένων στη γεωργία κατά 0.4°C



- ↪ Οι εργαζόμενοι στη γεωργία, τις κατασκευές, τη μεταποίηση, τον τουρισμό και τις μεταφορές βιώνουν **υψηλά επίπεδα** θερμικής καταπόνησης που συνοδεύεται από χαμηλή έως μέτρια σωματική θερμική καταπόνηση
- ↪ Όταν η **αυτό-ρύθμιση της εργασίας** δεν είναι εφικτή ή πολύ περιορισμένη, η θερμική καταπόνηση που βιώνουν οι εργαζόμενοι οδηγεί σε **υψηλά επίπεδα** σωματικής θερμικής καταπόνησης
- ↪ Ο **θερμικός εγκλιματισμός**, η **ενυδάτωση**, η βελτίωση του **ρουχισμού** και τα **διαλείμματα** είναι οι στρατηγικές που δείχνουν τα πιο ελπιδοφόρα αποτελέσματα για τον μετριασμό της θερμικής καταπόνησης. Επίσης, η **μηχανοποίηση** — ιδιαίτερα για τις πιο απαιτητικές σωματικά εργασίες — μπορεί να ενισχύσει την παραγωγικότητα της εργασίας ή/και να μειώσει την εργασιακή θερμική καταπόνηση

- ↪ Απώλεια παραγωγικότητας:
 - λιγότερο από 0.5% στη Βόρεια Ευρώπη
 - περισσότερο από 8% στη Νότια Ευρώπη
- ↪ Οι ετήσιες ζημίες στην ΕΕ είναι **830 δις €** και θα φτάσουν τα **4 τρις €** έως το 2060 εάν δεν υιοθετηθούν στρατηγικές μετριασμού
 - Ελλάδα: **1.6 δις € / έτος**



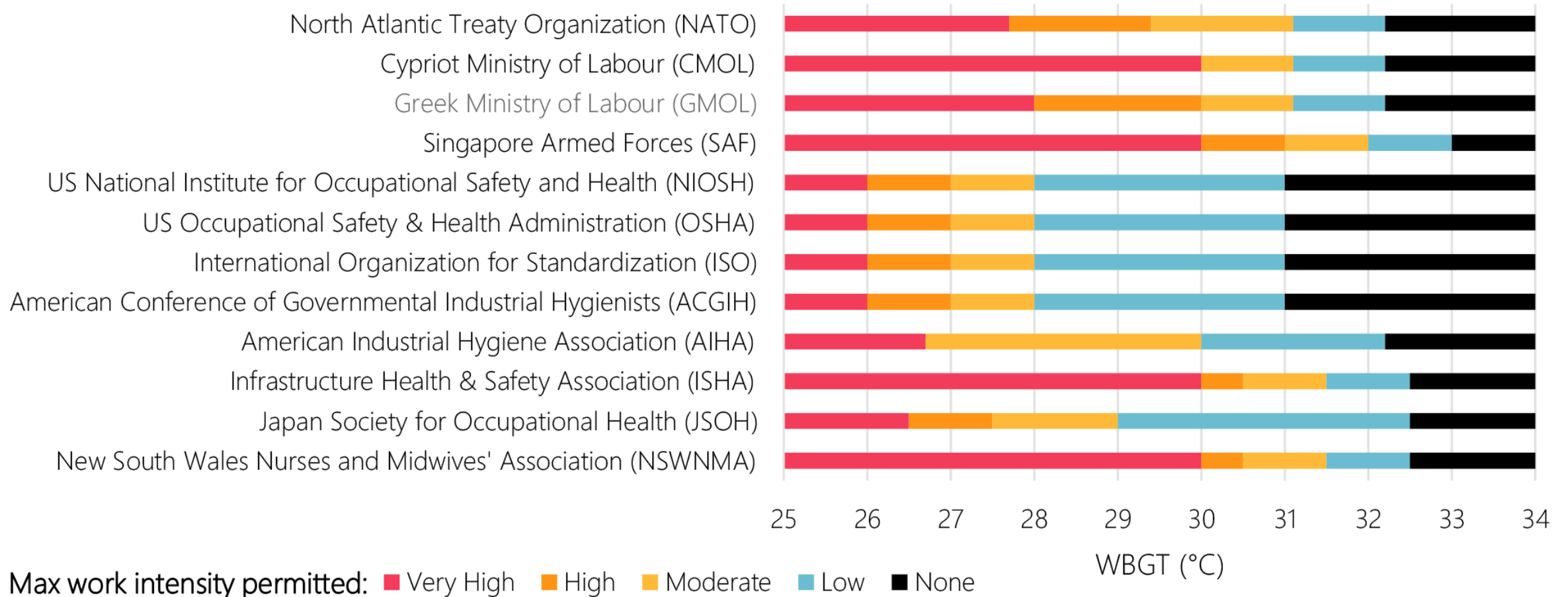
Υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων σε έναν ολοένα θερμότερο κόσμο: μελέτες σε επιχειρήσεις και οδηγίες

Ανδρέας Φλουρής
Αναπληρωτής Καθηγητής, Παν. Θεσσαλίας



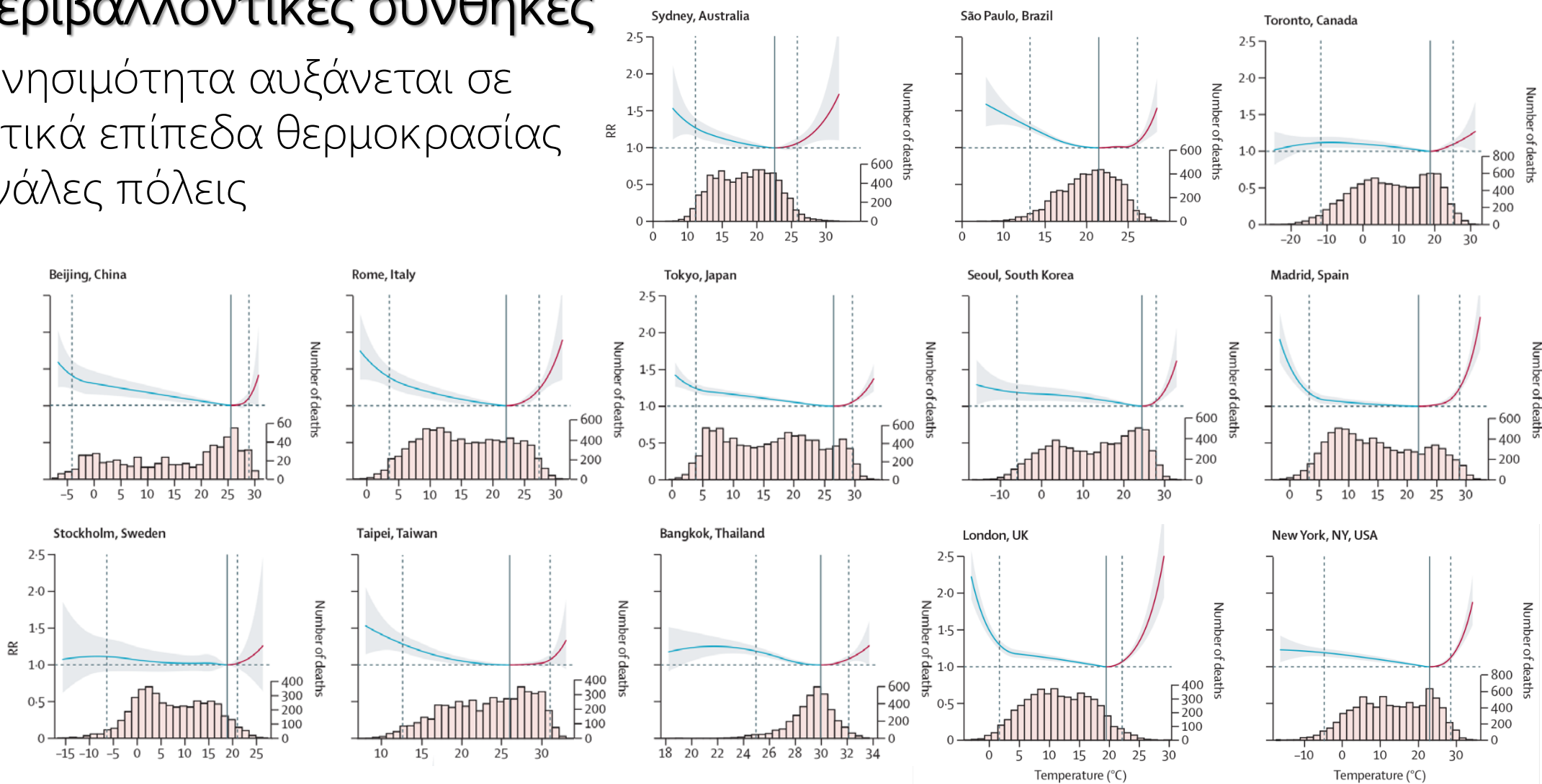
← ΘΥΒΜΑΣ ---> μεγαλύτερος όγκος δεδομένων και βιβλιογραφίας

← Όρια για εργασία σε θερμό περιβάλλον σύμφωνα με τη ΘΥΒΜΑΣ:



Οι άνθρωποι μπορούν να προσαρμοστούν στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες

- εδώ, η θνησιμότητα αυξάνεται σε διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασίας σε 13 μεγάλες πόλεις



- ← Η πιο πρόσφατη έκδοση της Διεθνούς Ταξινόμησης Νοσημάτων που δημοσιεύτηκε από τον ΠΟΥ για την τυποποίηση όλων των ορισμών ασθενειών περιλαμβάνει **22 κωδικούς** που σχετίζονται με την εργασιακή θερμική καταπόνηση

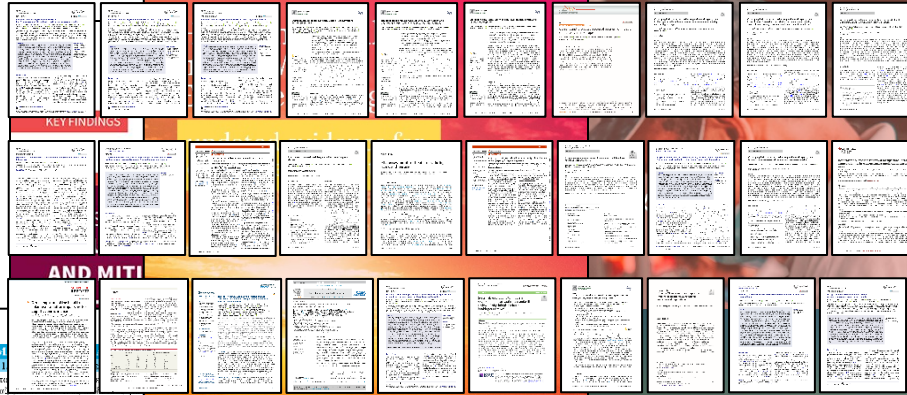
← Ήπια

- Θερμική κόπωση (κωδ. διάγνωσης NF01.3)
- Θερμικό εξάνθημα (miliaria rubra; κωδ. διάγνωσης EE02)
- Θερμική συγκοπή (dizziness/fainting; κωδ. διάγνωσης NF01.1)
- ηλιακό έγκαυμα (κωδ. διάγνωσης EJ40)
- άλλες ήπιες επιπτώσεις της ζέστης (κωδ. διάγνωσης NF01.Z)

↳ Σοβαρά

- θερμική εξάντληση (κωδ. διάγνωσης NF01.2)
- θερμοπληξία
 - ↳ κλασική (κωδ. διάγνωσης NF01.0)
 - ↳ ασκησιογενής (κωδ. διάγνωσης NF06.0)
- διαταραχές υγρών/ηλεκτρολυτών (κωδ. διάγνωσης 5C71, 5C72, MG43.4Y, PB58)
- χρόνιες επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στο δέρμα
 - ↳ ακτινική κεράτωση (κωδ. διάγνωσης EK90.0)
 - ↳ διάχυτη ακτινική δυσπλασία κερατινοκυττάρων (κωδ. διάγνωσης EK90.1)
- άλλες επιπτώσεις της ζέστης (κωδ. διάγνωσης NF01.Y, XE00Z, EJ1Y, PB15, SA91, SB0Y, GB7Z, 5C8Z)
 - ↳ δερματοπάθειες, οξεία/χρόνια νεφρική βλάβη, πέτρες στα νεφρά (ουρολιθίαση), δυσλιπιδαιμία εξαιτίας της ζέστης και άλλα

>150 δημοσιεύσεις στην Θερμική καταπόνηση



Παρουσίαση

1. Η παρουσίαση...
2. Οι προδιαγραφές της παρούσας Υ.Α. εργαζόμενοι εκτίθενται ή ενδέχεται να εκτίθενται...
3. Η παρούσα Υ.Α. εφαρμόζεται πλήρως στο σύνολο του υπαρκτού και του μελλοντικού εργαζομένου...

Άρθρο 2. Ορισμοί.
Θερμική καταπόνηση είναι ένας όρος που περιγράφει μια σειρά φυσιολογικών εκδηλώσεων που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της εσωτερικής συσσώρευσης θερμότητας και αύξησης της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος. Η εργασιακή θερμική καταπόνηση χαρακτηρίζεται είτε αποδοσιακά λόγω της διαφορετικής έκθεσης των εργαζομένων σε εξωτερικό θερμό περιβάλλον εργασίας, είτε λόγω κτηνικής θερμοκρασίας, περιβάλλοντος χώρου, σε συνδυασμό με την εισβολή εργασιών σε οποίες απαιτούν μεγαλύτερη σωματική δραστηριότητα ή χρήση ειδικών ενδυμάτων ή προστατευτικού εξοπλισμού.

α) Ο βασικότερος δείκτης που χρησιμοποιείται ως δείκτης περιβλεπόμενου κινδύνου σχετίζεται με τη σωματική θερμοκρασία στην βελβή και μπορεί να εκτιμηθεί (ΣΥΜΒΑΣ) διαθέσιμη γροστική ως «Wet-Bulb Globe Temperature» ή «WBGT»). Ο δείκτης ΘΥΗΜΑΣ εκτιμά τη θερμική καταπόνηση που δέχεται ένας άνθρωπος, η οποία είναι συνάρτηση των παραμέτρων του περιβάλλοντος και της θερμότητας που παράγεται στον οργανισμό από τη μεταβολική δραστηριότητα. Ο δείκτης ΘΥΗΜΑΣ (μονάδα μέτρησης: °C) υπολογίζεται για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους μέσω των εξισώσεων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1 όπου καθορίζεται από το διάθετο πρότυπο ISO 7243:2017, σημείο 5.2. Στο Παράρτημα 1 περιλαμβάνεται επίσης μια οριστική απόδοξη αποδοχημένη εξίσωση για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μόνο μετρήσιμα θερμοκρασίες αέρα και σχετική υγρασία, καθώς και ο υπολογισμός αυτού του δείκτη για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και υγρασιών. Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα για ανάλυση υπολογισμών του υπολογισμένου δείκτη ΘΥΗΜΑΣ στο σύνολο...

β) Η ένταση της εργασίας, όπως καθορίζεται από το διάθετο πρότυπο ISO 7243:2017, Παράρτημα Ε, ορίζεται ως:

- i) Εργασιακή ένταση (μέγιστο μεταβολικό ρυθμός: 180 W) νεώτερη ως εργασιακή που περιλαμβάνεται είναι χαρακτηριστική δραστηριότητα (μια τα μέγιστο 30-40% του μέγιστου αερίου) σε καθιστή θέση, ελλιπής ελαφρά εργασία σε αθήνα θέση και περιστασιακό περπάτημα. Υψηλότερες εργασιακές δραστηριότητες χαρακτηρίζονται από αυτή την ένταση.
- ii) Εργασιακή ένταση (μέγιστο μεταβολικό ρυθμός: 300 W) νεώτερη ως εργασιακή που περιλαμβάνεται κανονικό περπάτημα με ανεπαρκή δραστηριότητα μέτριας έντασης με...

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ

Ανδρέας Δ. Φλουρίης, PhD

Αναπληρωτής Καθηγητής
Εργαστήριο Περιβλεπόμενης Φυσιολογίας | FAME Laboratory
Τμήμα Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κορυφές - Τρίκολε 42100
Τηλ: 2431 047 029 | Email: damelab@ionio.gr

 The New York Times
Extreme Heat Will Change Us
[nytimes.com](https://www.nytimes.com)

