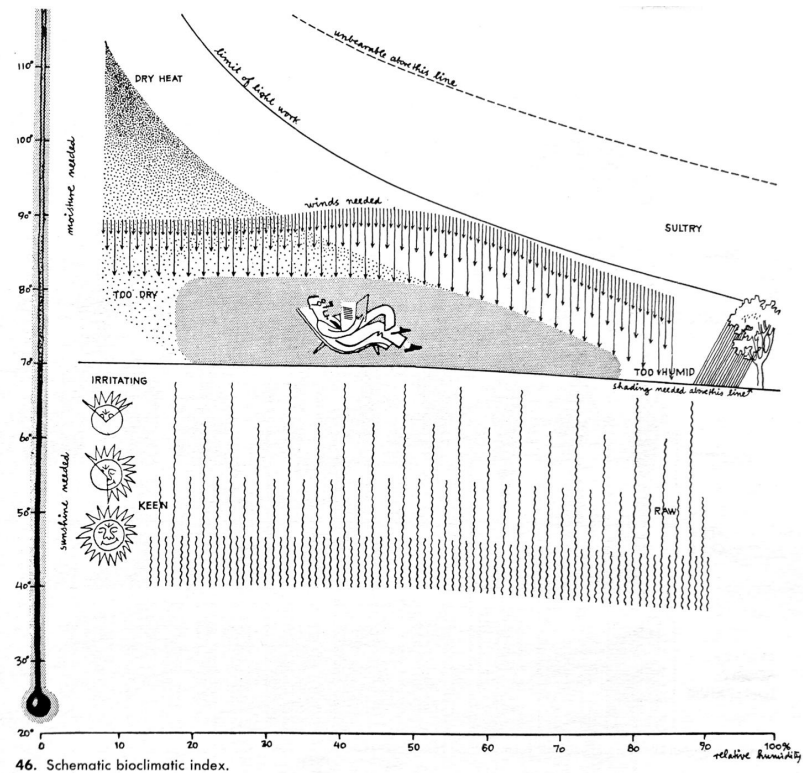




46. Schematic bioclimatic index.

Συνθήκες άνεσης

Συνθήκες άνεσης



Συνθήκες άνεσης | Comfort conditions



Αειθαλή δένδρα στην είσοδο για προστασία από το θόρυβο του δρόμου

Φυλλοβόλα δένδρα στον υπόλοιπο χώρο για σκιά

Κισσός στους πλάγιους τοίχους για απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και καλύτερη ακουστική

Τεχνητός καταρράκτης για δροσισμό, φυσικό ήχο και θέα

Υδατοπερατό δάπεδο από πορώδεις κυβόλιθους

Κινητά τραπέζια και καθίσματα

Συνθήκες άνεσης | Comfort conditions

Thermal comfort

Θερμική
άνεση

Ενεργειακό
ισοζύγιο
ανθρώπινου
σώματος
Ισορροπία ροών
ενέργειας
Προσαρμογή

Visual comfort

Οπτική
άνεση

Επάρκεια φωτισμού
Ομοιομορφία
φωτισμού

Acoustic comfort

Ακουστική
άνεση

Επίπεδα θορύβου
Ποιότητα ήχου
Ηχομόνωση

Air quality

Ποιότητα
αέρα

Απομάκρυνση
αερίων ρύπων
Αιωρούμενα
σωματίδια
Οργανικές πτητικές
ενώσεις
Οξείδια άνθρακα,
θείου, αζώτου κ.α.

Psychological approach

ψυχολογική προσέγγιση

Σύμφωνα με την ψυχολογική προσέγγιση, η άνεση είναι μια νοητική κατάσταση που εκφράζει ικανοποίηση από το θερμικό περιβάλλον. Έχει υποκειμενικό χαρακτήρα και ποικίλλει σημαντικά για κάθε άτομο (Hoppe 2002).

Thermophysiological approach

Θερμο-φυσιολογική προσέγγιση

Η θερμο-φυσιολογική προσέγγιση βασίζεται στην ενεργοποίηση των θερμικών αισθητηρίων στο δέρμα και στον εγκέφαλο (υποθάλαμο), και η άνεση ορίζεται ως ο ελάχιστος ρυθμός νευρικών σημάτων από αυτά τα αισθητήρια όργανα (Hoppe 2002).

Human energy budget

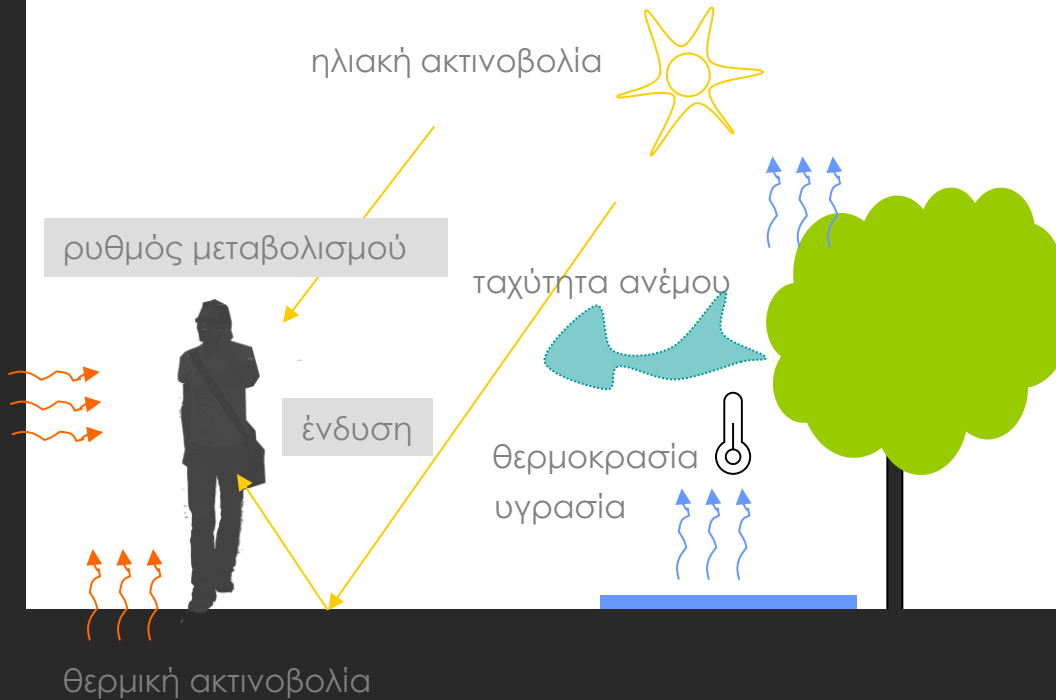
ενεργειακό ισοζύγιο ανθρώπινου σώματος

Σύμφωνα με τον ενεργειακό ορισμό, η θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν η ροή θερμότητας από και προς το σώμα βρίσκεται σε ισορροπία και η θερμοκρασία δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης βρίσκονται σε ανεκτά επίπεδα, κάτι που εξαρτάται μόνο από τον μεταβολισμό (Fanger 1982).

Θερμική άνεση | thermal comfort

Η αίσθηση θερμικής έντασης εξαρτάται από τις ανταλλαγές ενέργειας ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον

Thermal sensation depends on energy exchanges between the human body and the environment



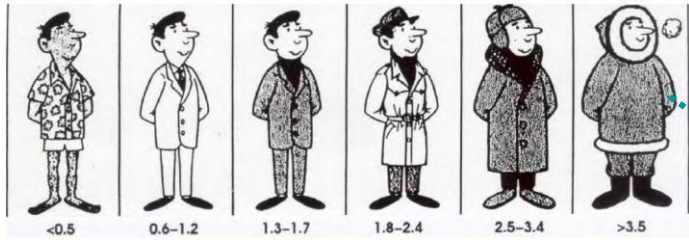
Influencing parameters

Παράμετροι που επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος

Θερμική άνεση | thermal comfort

CLOTHING INSULATION LEVELS

1 Clo = 0.155 m²K/W



Auliciems, A. και S. Szokolay (1997). Thermal Comfort. PLEA Notes, Design Tools and Techniques. Passive and Low Energy Architecture International in association with the Department of Architecture, University of Queensland.



<https://www.smiulationhub.com/blog/role-of-cfd-in-evaluating-occupant-thermal-comfort>

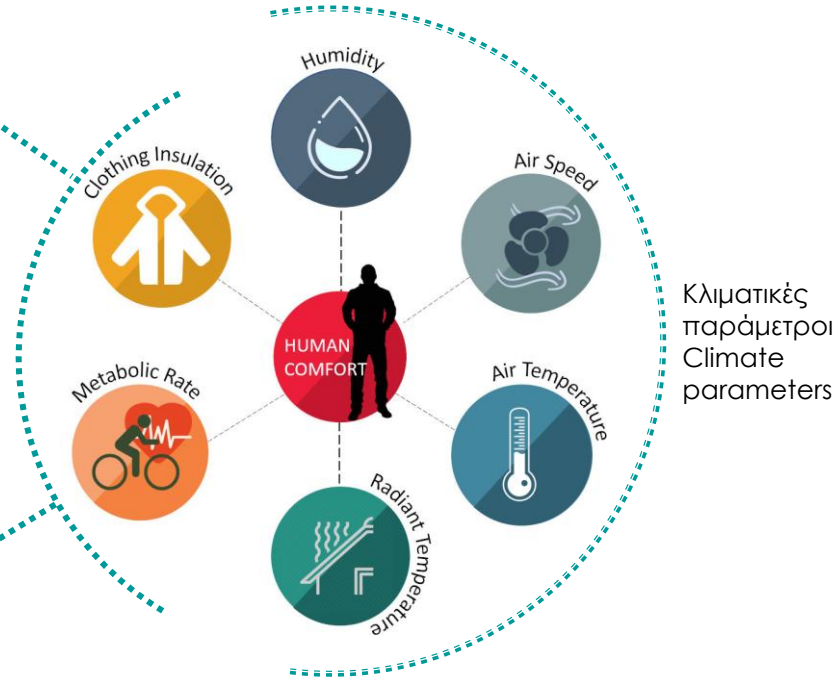
https://www.engineeringtoolbox.com/clo-clothing-thermal-insulation-d_732.html

https://www.engineeringtoolbox.com/met-metabolic-rate-d_733.html

Parameters affecting the human energy balance and the perception of comfort.

Παράμετροι που επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και την αντίληψη της θερμικής άνεσης

Ατομικές παράμετροι
Personal parameters



Ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος | human energy budget

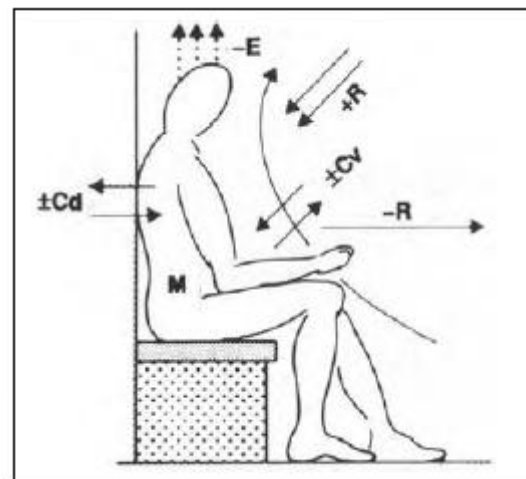
Κρίσιμες θερμοκρασίες σώματος (κατά προσέγγιση)

Θερμοκρασία δέρματος	Θερμοκρασία σώματος	Ρυθμιστική ζώνη
45°C	42°C 40°C	θάνατος υπερθερμία ζώνη εξάτμισης αγγειοδιαστολή άνεση
31- 34°C	37°C	αγγειοσυστολή θερμογένεση υποθερμία
10°C	35°C 25°C	θάνατος

Critical body temperatures (an approximate guide)

Skin temperature	Deep body temperature	Regulatory zone
45°C	42°C 40°C	death hyperthermia evaporative zone vasodilation
31- 34°C	37°C	comfort vasoconstriction thermogenesis
10°C	35°C 25°C	hypothermia death

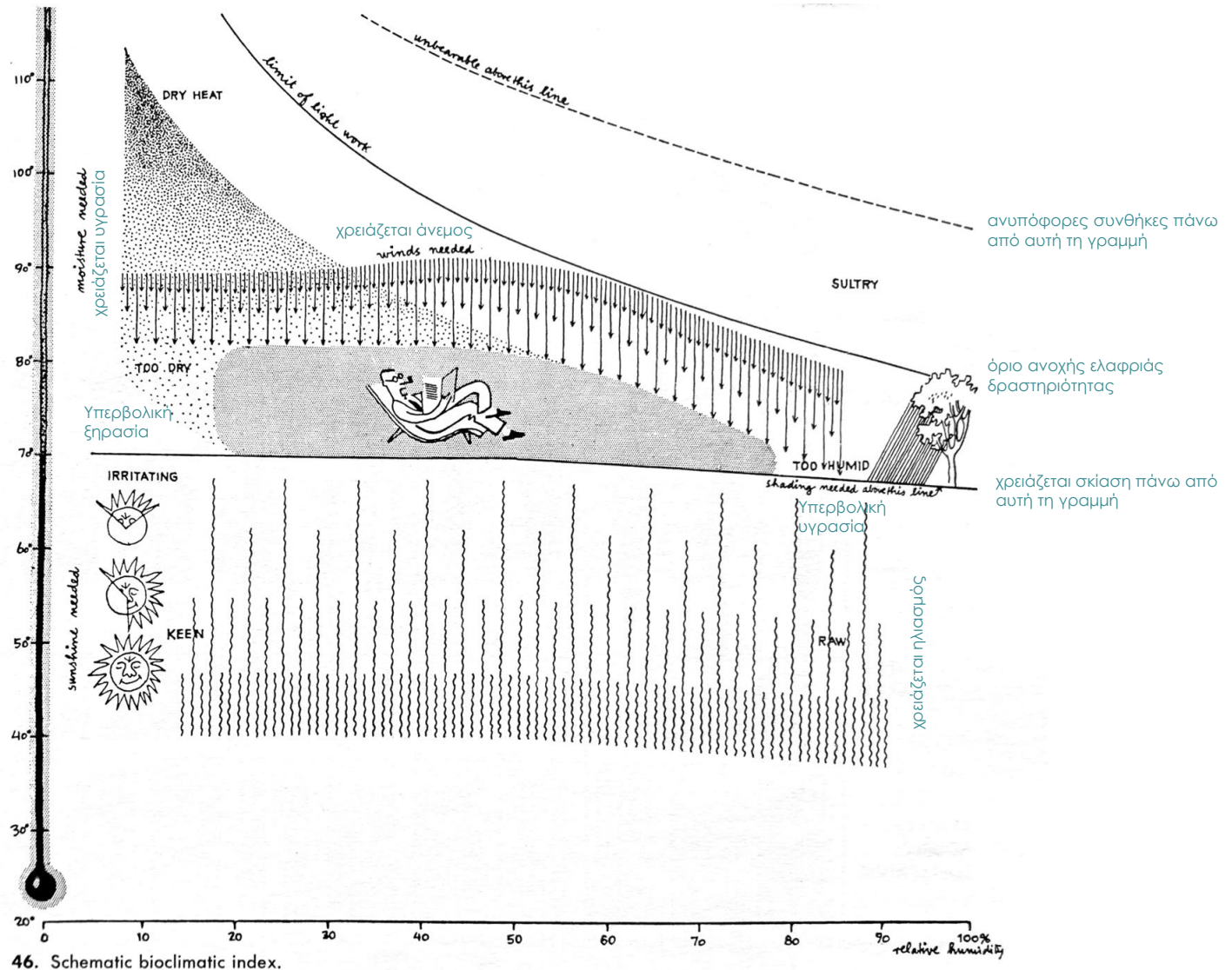
ενεργειακό ισοζύγιο | energy budget μεταφορά θερμότητας | heat transfer



$$M \pm R \pm Cv \pm Cd - E = \Delta S \text{ (W)}$$

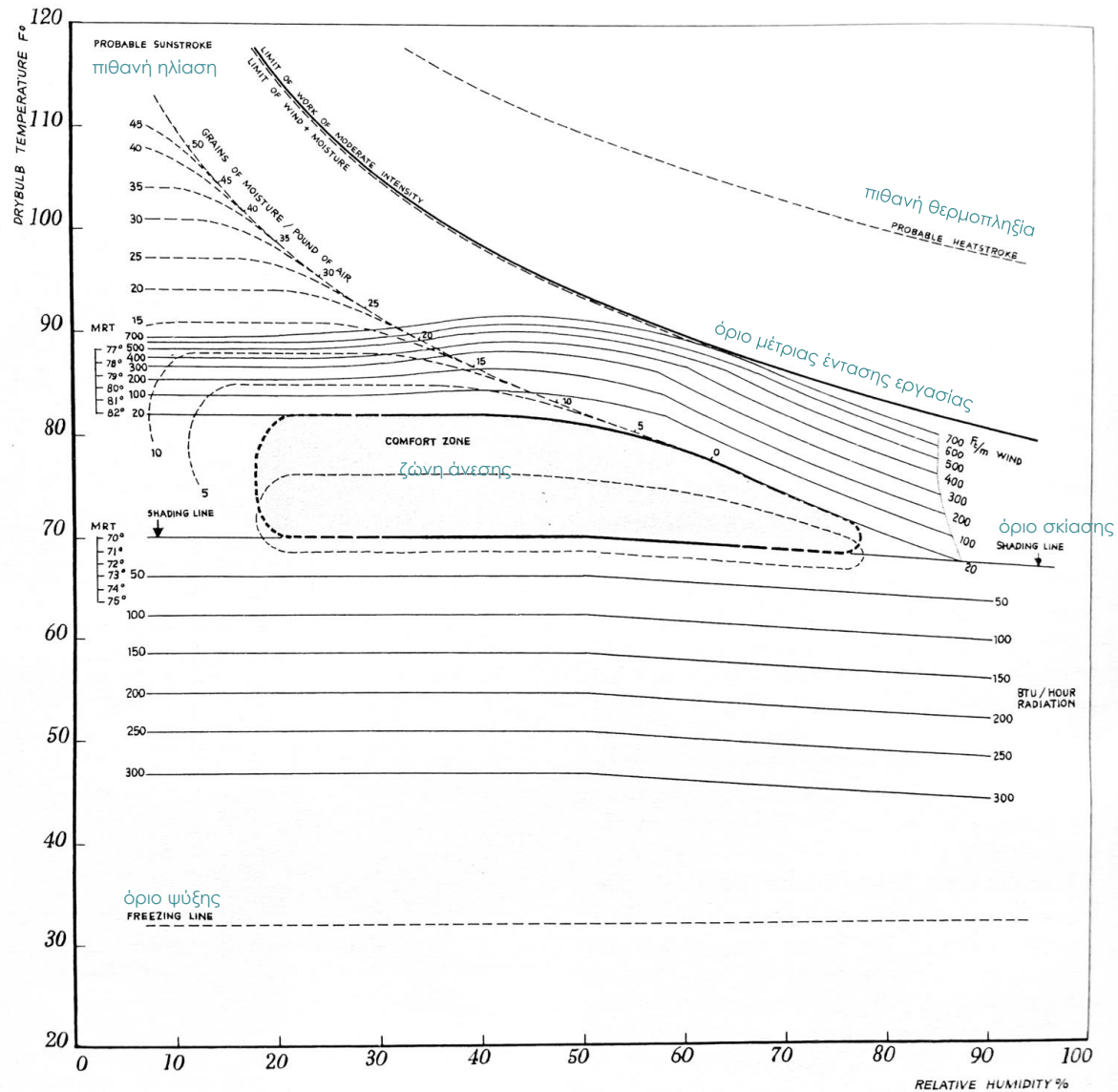
M : metabolic rate (ρυθμός μεταβολισμού)
 Cv : convection (συναγωγή)
 R : net radiation (ακτινοβολία)
 Cd : conduction (αγωγιμότητα)
 E : evaporation heat loss (εξάτμιση)
 ΔS : change in heat stored (αποθήκευση)

Βιοκλιματικό διάγραμμα | bioclimatic chart



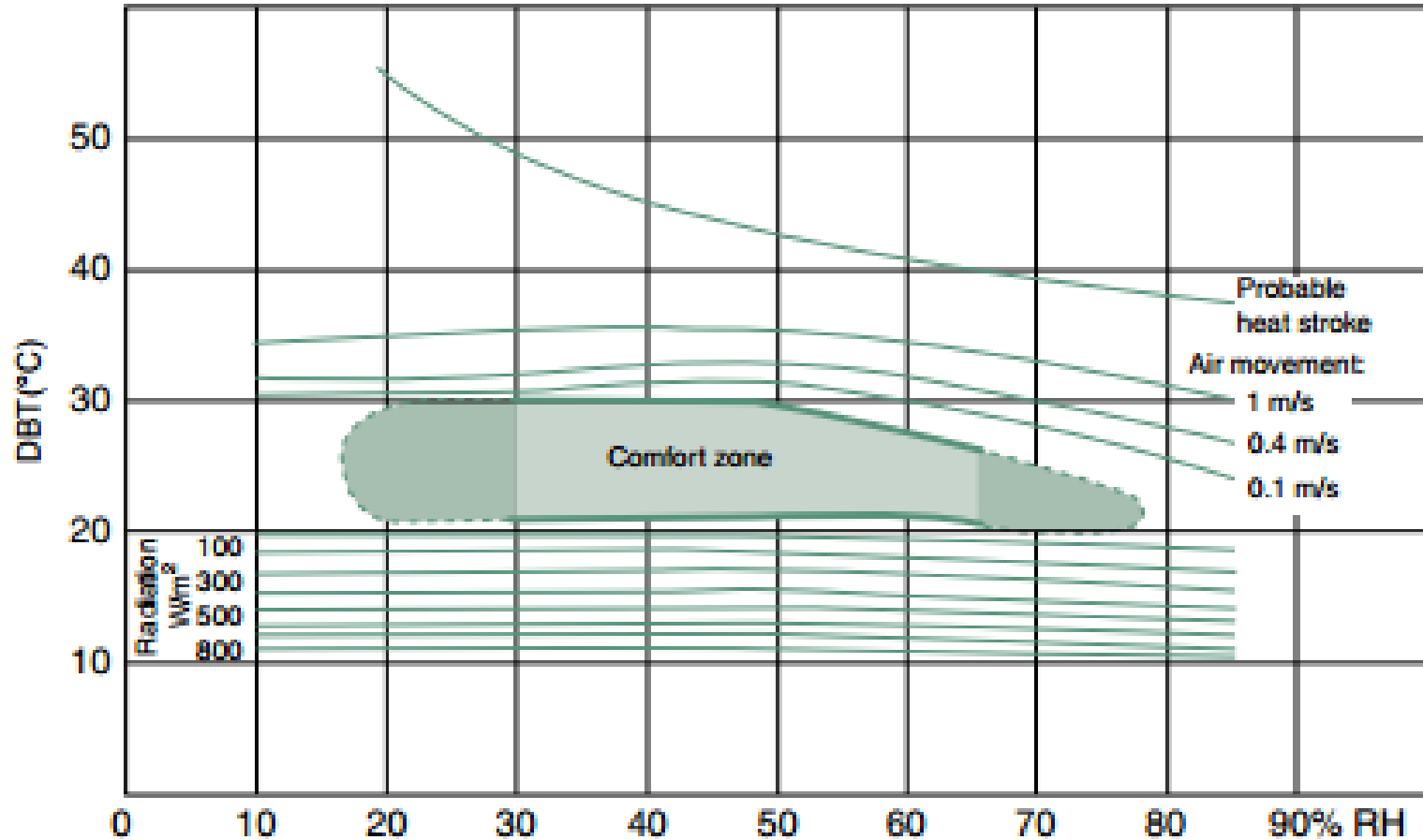
Olgay, V. (1963). Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Βιοκλιματικό διάγραμμα | bioclimatic chart



45. Bioclimatic Chart, for U.S. moderate zone inhabitants.

Βιοκλιματικό διάγραμμα | bioclimatic chart



Ψυχομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

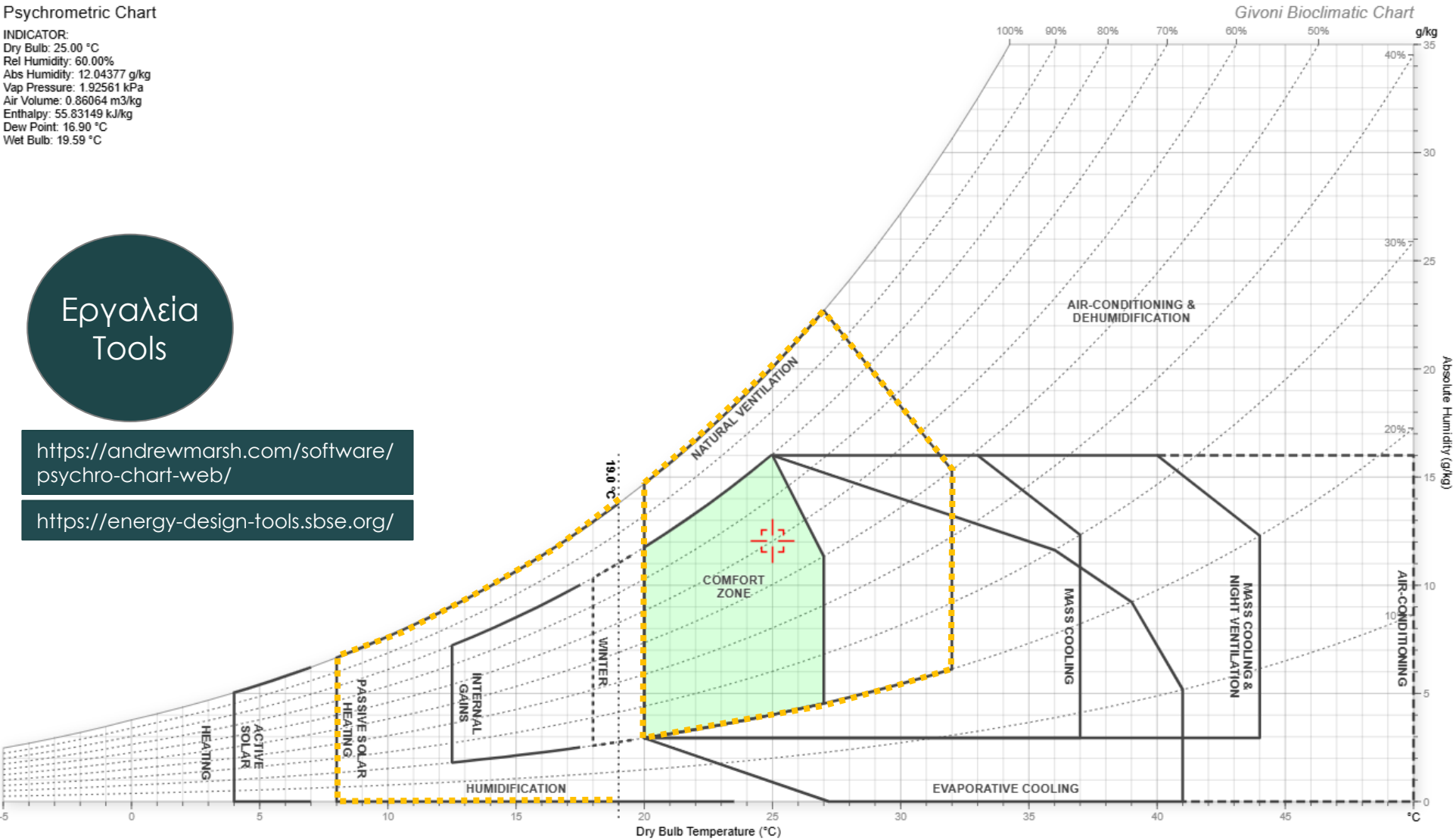
Psychrometric Chart

INDICATOR:
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Abs Humidity: 12.04377 g/kg
Vap Pressure: 1.92561 kPa
Air Volume: 0.86064 m³/kg
Enthalpy: 55.83149 kJ/kg
Dew Point: 16.90 °C
Wet Bulb: 19.59 °C

Εργαλεία
Tools

<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

<https://energy-design-tools.sbse.org/>



<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

Ψυχρομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

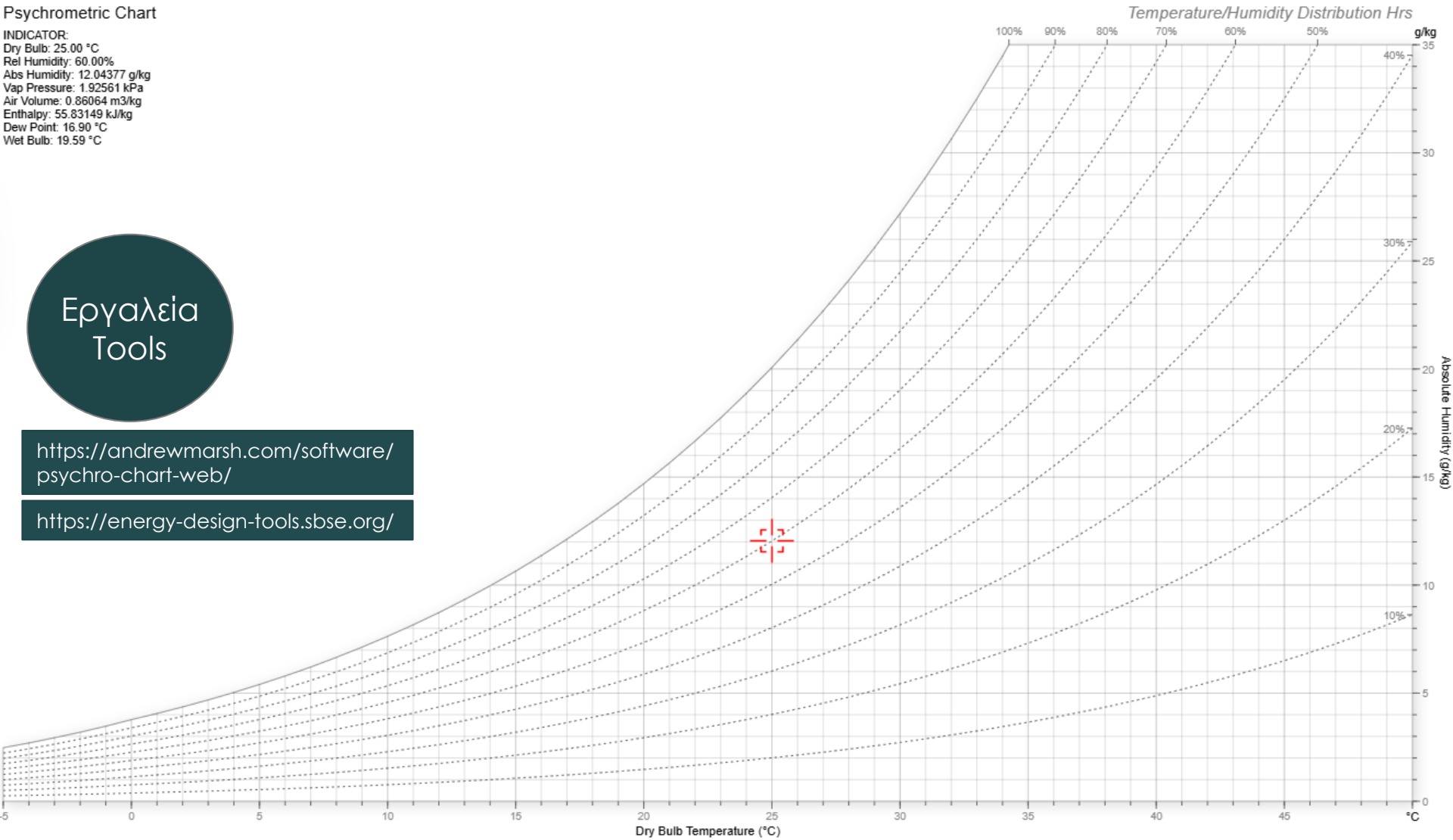
Psychrometric Chart

INDICATOR:
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Abs Humidity: 12.04377 g/kg
Vap Pressure: 1.92561 kPa
Air Volume: 0.86064 m³/kg
Enthalpy: 55.83149 kJ/kg
Dew Point: 16.90 °C
Wet Bulb: 19.59 °C

Εργαλεία
Tools

<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

<https://energy-design-tools.sbse.org/>



<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

Ψυχρομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

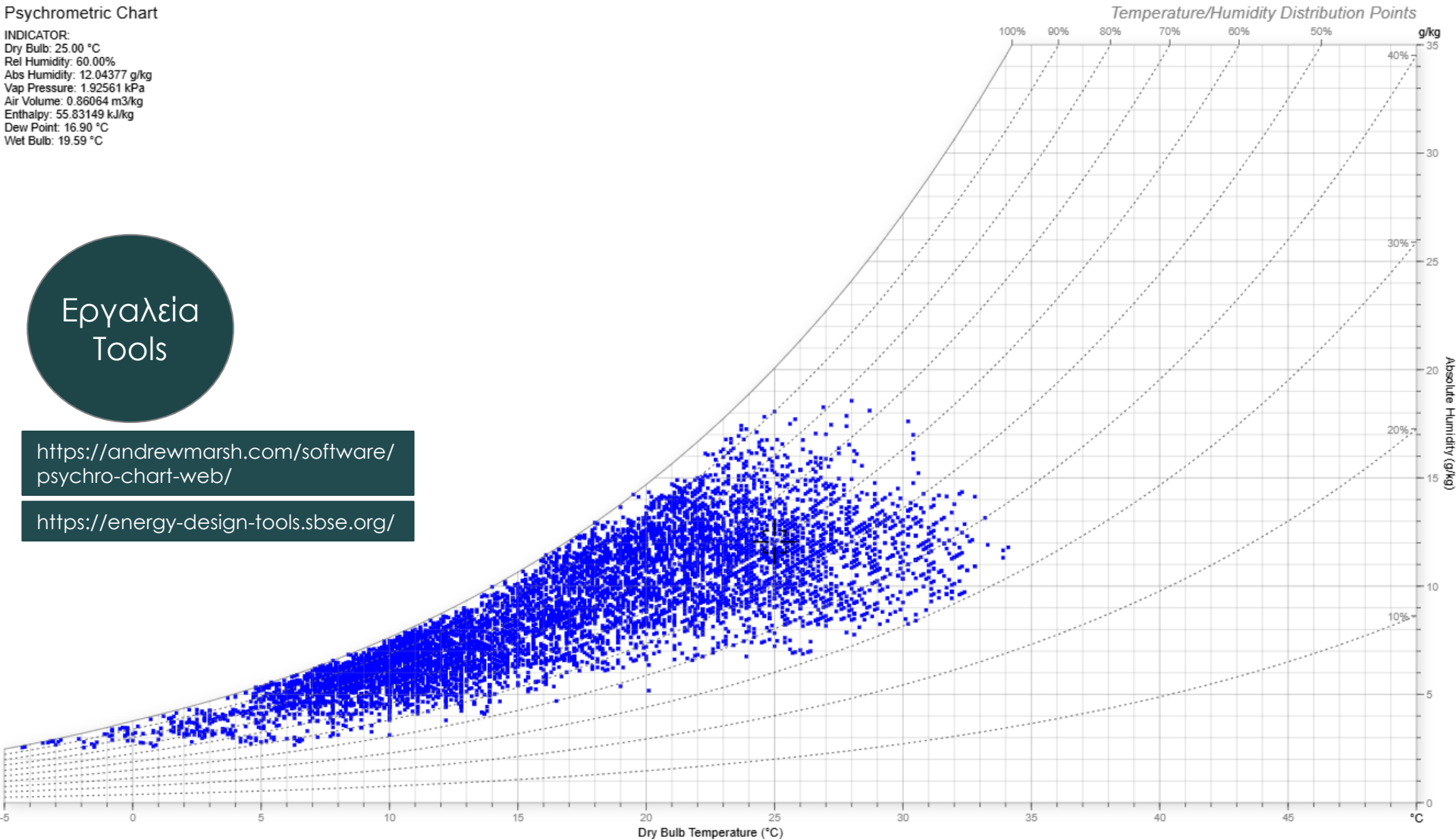
Psychrometric Chart

INDICATOR:
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Abs Humidity: 12.04377 g/kg
Vap Pressure: 1.92561 kPa
Air Volume: 0.86064 m³/kg
Enthalpy: 55.83149 kJ/kg
Dew Point: 16.90 °C
Wet Bulb: 19.59 °C

Εργαλεία
Tools

<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

<https://energy-design-tools.sbse.org/>



<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

Ψυχομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

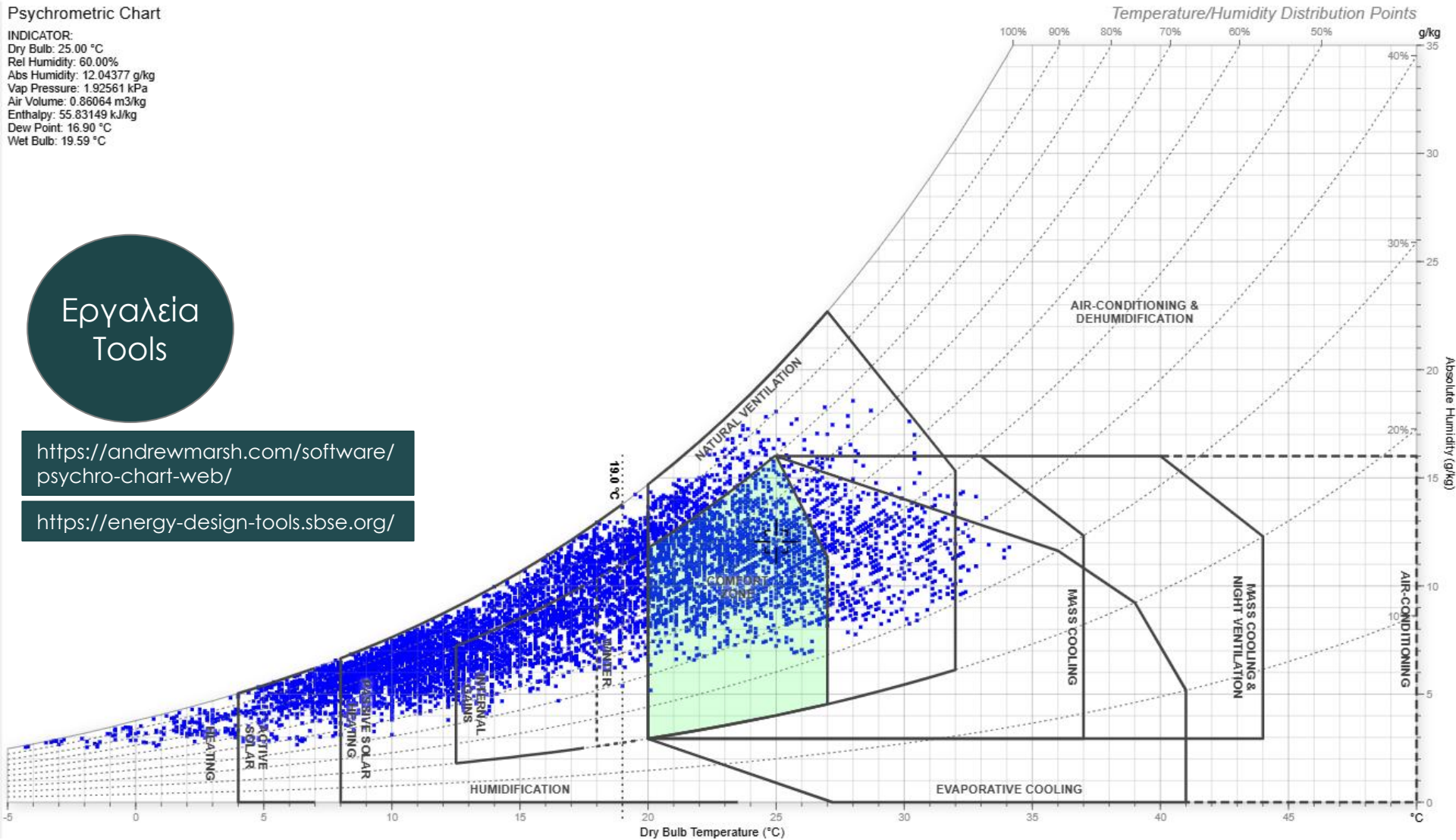
Psychrometric Chart

INDICATOR:
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Abs Humidity: 12.04377 g/kg
Vap Pressure: 1.92561 kPa
Air Volume: 0.86064 m³/kg
Enthalpy: 55.83149 kJ/kg
Dew Point: 16.90 °C
Wet Bulb: 19.59 °C

Εργαλεία
Tools

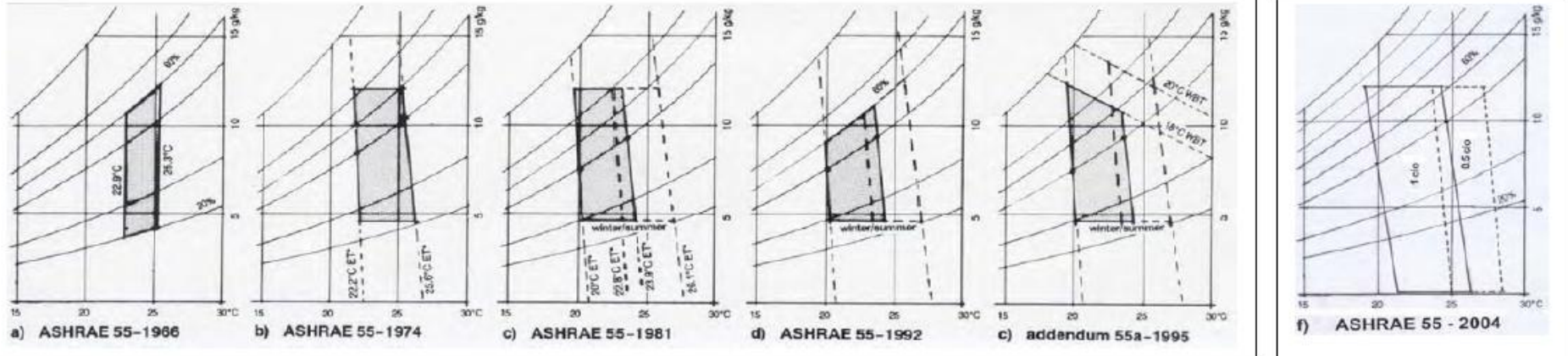
<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

<https://energy-design-tools.sbse.org/>



<https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

ASHRAE | American Society of Heating Refrigerating & Air conditioning Engineers

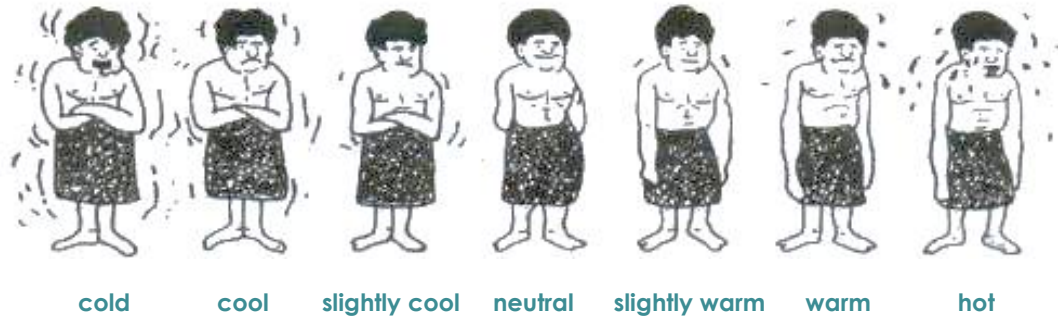


Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

Θερμικοί δείκτες:
κατηγοριοποίηση της αντίληψης
των θερμικών συνθηκών σε
κλίμακα 7 σημείων

Thermal comfort indices:
7- point scale for
thermal sensation classification

πολύ ψυχρή - δροσερή - ελαφρώς δροσερή - ουδέτερη - ελαφρώς θερμή - θερμή - πολύ θερμή

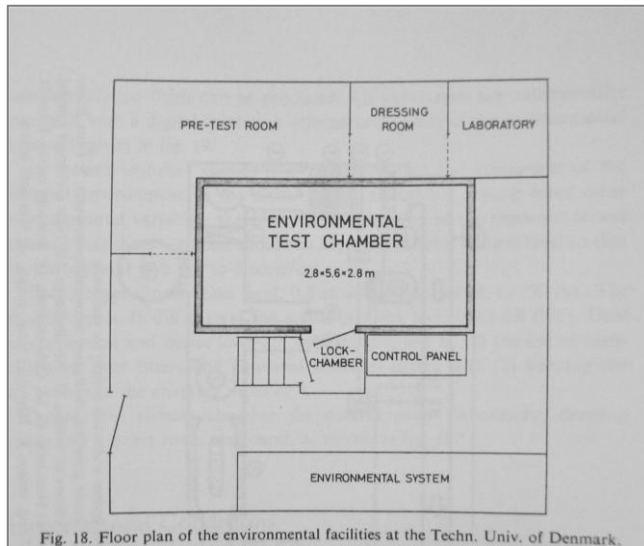


Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

Predicted mean vote PMV & predicted percentage dissatisfied PPD

Δείκτης της προβλεπόμενης μέσης ψήφου PMV : Ένας από τους πλέον διαδεδομένους δείκτες, προσδιορίζει την υποκειμενική θερμική αίσθηση, για οποιονδήποτε **συνδυασμό δραστηριότητας, ένδυσης, θερμοκρασίας, υγρασίας, ροής αέρα και ακτινοβολίας**, σε κλίμακα 7 σημείων, από πολύ κρύα αίσθηση (-3) σε πολύ θερμή (+3).

Ο δείκτης PMV υπολογίζεται από την **εξίσωση άνεσης του Fanger**, η οποία βασίζεται στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και σε **στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων πειράματος σε ειδικούς κλιματιζόμενους θαλάμους** (τιμές θερμοκρασίας δέρματος και ρυθμού εφίδρωσης, εκφρασμένες ως συναρτήσεις του ρυθμού μεταβολισμού).



COMFORT EQUATION

Substituting the expressions for $\bar{T}_{sk}$ and E_{sw} given by eqs. (29) and (30) in the double heat balance equation (26):

$$\begin{aligned} & \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 0.35 \left[43 - 0.061 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - p_a \right] - \\ & 0.42 \left[\frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 50 \right] - 0.0023 \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - \\ & 0.0014 \frac{M}{A_{Du}} (34 - t_a) = \frac{35.7 - 0.032 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - t_{cl}}{0.18 I_{cl}} \\ & 3.4 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mrt} + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned}$$

Solving the left part of the double equation (31) gives the following expression for t_{cl} :

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35.7 - 0.032 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 0.18 I_{cl} \left[\frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - \right. \\ & 0.35 \left[43 - 0.061 \frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - p_a \right] - 0.42 \left[\frac{M}{A_{Du}} (1 - \eta) - 50 \right] - \\ & \left. 0.0023 \frac{M}{A_{Du}} (44 - p_a) - 0.0014 \frac{M}{A_{Du}} (34 - t_a) \right] \quad (^\circ\text{C}) \end{aligned} \quad (32)$$

Η συνάρτηση καθορίστηκε ποσοτικά μέσω πειραμάτων με άτομα εκτεθειμένα σε ελεγχόμενες συνθήκες και κατέληξε στην εξίσωση υπολογισμού του δείκτη PMV.

Η μέση προβλεπόμενη ψήφος για ένα μεγάλο πλήθος ατόμων καθορίζεται ως συνάρτηση της δραστηριότητας, της ένδυσης, της θερμοκρασίας αέρα, της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας, της ταχύτητας αέρα και της υγρασίας αέρα.

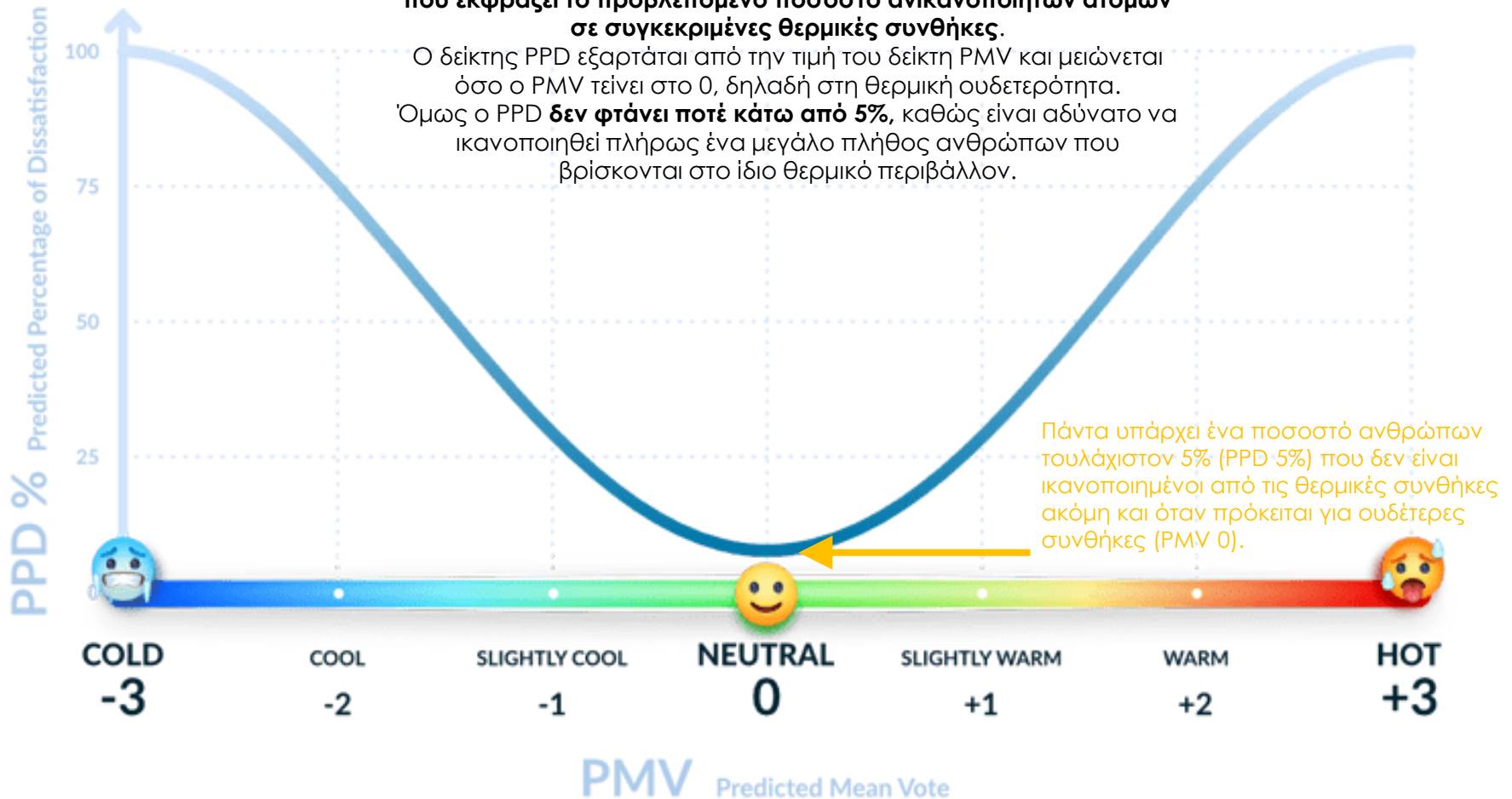
Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

Predicted mean vote PMV και predicted percentage dissatisfied PPD

Εκτός από τον δείκτη PMV ο Fanger δημιούργησε και
τον **δείκτη PPD**

**που εκφράζει το προβλεπόμενο ποσοστό ανικανοποίητων ατόμων
σε συγκεκριμένες θερμικές συνθήκες.**

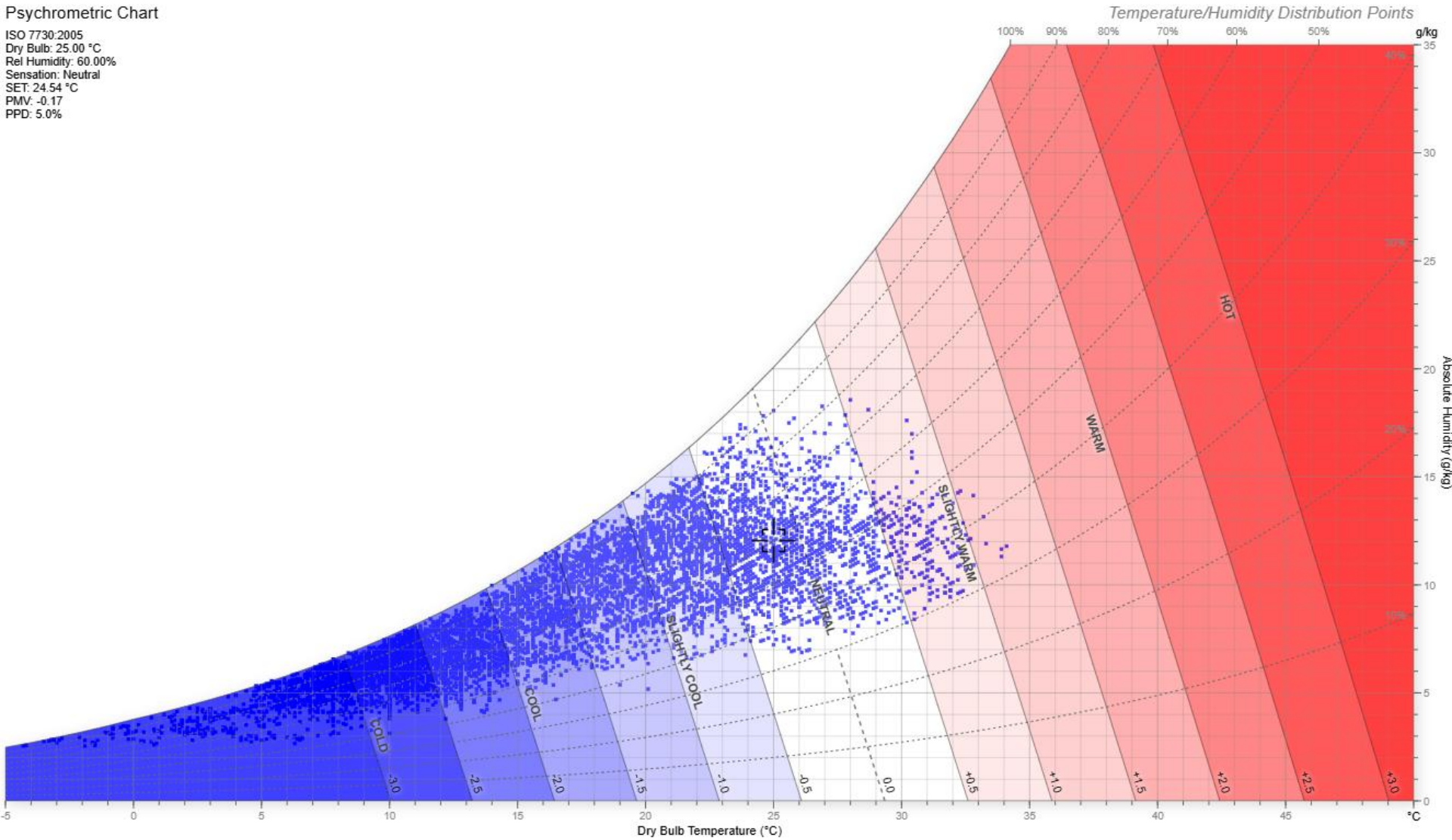
Ο δείκτης PPD εξαρτάται από την τιμή του δείκτη PMV και μειώνεται
όσο ο PMV τείνει στο 0, δηλαδή στη θερμική ουδετερότητα.
Όμως ο PPD **δεν φτάνει ποτέ κάτω από 5%**, καθώς είναι αδύνατο να
ικανοποιηθεί πλήρως ένα μεγάλο πλήθος ανθρώπων που
βρίσκονται στο ίδιο θερμικό περιβάλλον.



Ψυχρομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

Psychrometric Chart

ISO 7730:2005
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Sensation: Neutral
SET: 24.54 °C
PMV: -0.17
PPD: 5.0%

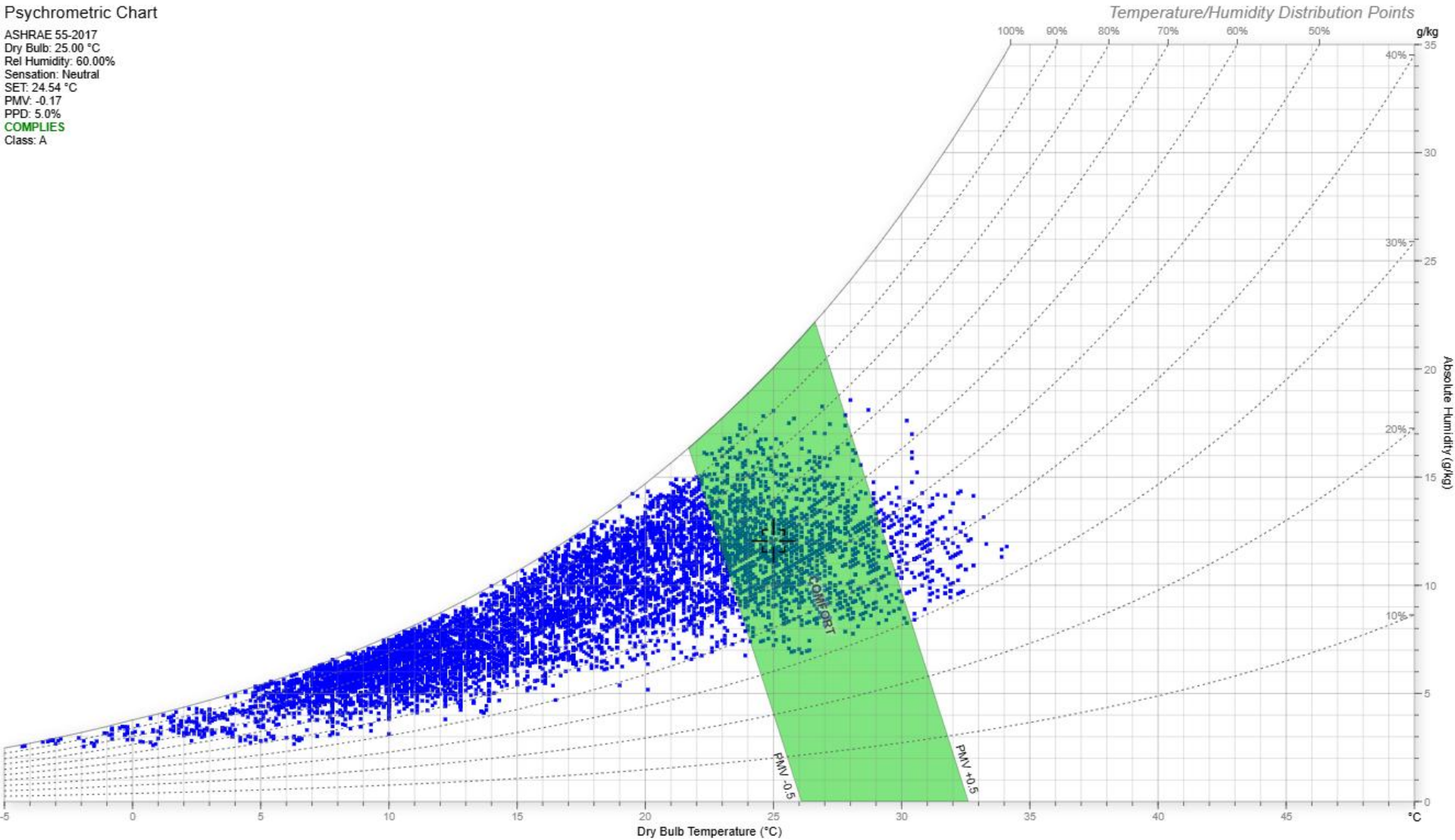


ISO7730:2005 (PMV)

Ψυχρομετρικό διάγραμμα | psychrometric chart

Psychrometric Chart

ASHRAE 55-2017
Dry Bulb: 25.00 °C
Rel Humidity: 60.00%
Sensation: Neutral
SET: 24.54 °C
PMV: -0.17
PPD: 5.0%
COMPLIES
Class: A



ASHRAE 55- 2017

Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

Εργαλεία Tools

Predicted mean vote PMV και predicted percentage dissatisfied PPD



CBE
CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT

CBE Thermal Comfort Tool

ASHRAE-55 EN-16798 Compare Ranges Upload Fans & Heat PHS

[Help](#) [Other CBE tools](#)

Inputs

Select method: PMV method

☐ Use operative temp

Air temperature
25 °C

Mean radiant temperature
25 °C

Air speed
0.1 m/s

Relative humidity
50 %

Metabolic rate
1 met

Clothing level
0.61 clo

Create custom ensemble
Dynamic predictive clothing
Solar gain on occupants

Set pressure
SI/IP

Local discomfort
Globe temp

Reset
Save
Reload
Share

Documentation

✓ Complies with ASHRAE Standard 55-2023

PMV = -0.16 PPD = 6 %

Sensation = Neutral SET = 24.8 °C

Psychrometric (air temperature)

t_{db} 36.0 °C

rh 17.5 %

W₀ 6.4 g_w/kg_{da}

t_{wb} 18.7 °C

t_{dp} 7.4 °C

h 52.7 kJ/kg

NOTE: In this psychrometric chart the abscissa is the dry-bulb temperature, and the mean radiant temperature (MRT) is fixed, controlled by the inputbox. Each point on the chart has the same MRT, which defines the comfort zone boundary. In this way you can see how changes in MRT affect thermal comfort. You can also still use the operative temperature button, yet each point will have the same MRT.

Limits of Applicability: This standard is only applicable to healthy individuals. This standard does not apply to occupants: a) whose clothing insulation exceed 1.5 clo; b) whose clothing is highly impermeable; or c) who are sleeping, reclining in contact with bedding, or able to adjust blankets or bedding.

The CBE comfort tools automatically calculates the relative air speed and the dynamic clothing insulation .

<https://comfort.cbe.berkeley.edu/>

https://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PMV-PPD.html

Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

indoor

Thermal sensation

Thermal stress

outdoor

Θερμική αίσθηση
(PMV)

Θερμική καταπόνηση
(PET °C)

πάρα πολύ θερμή	—	ακραία θερμή
PMV 3,5	—	41°C PET
πολύ θερμή	—	ισχυρή θερμή
PMV 2,5	—	35°C PET
θερμή	—	μέτρια θερμή
PMV 1,5	—	29°C PET
ελαφρώς θερμή	—	ελαφριά θερμή
PMV 0,5	—	23°C PET
ουδέτερη	—	καμία ένταση
PMV -0,5	—	18°C PET
ελαφρώς δροσερή	—	ελαφριά ψυχρή
PMV -1,5	—	13°C PET
δροσερή	—	μέτρια ψυχρή
PMV -2,5	—	8°C PET
ψυχρή	—	ισχυρή ψυχρή
PMV -3,5	—	4°C PET
πολύ ψυχρή	—	ακραία ψυχρή

PMV
Predicted Mean Vote

**Προβλεπόμενη Μέση
Ψήφος**

Δείκτης θερμικής αίσθησης
(από -3 ως 3):

0: ουδέτερες συνθήκες
<-3: ψυχρές συνθήκες
>3 θερμές συνθήκες

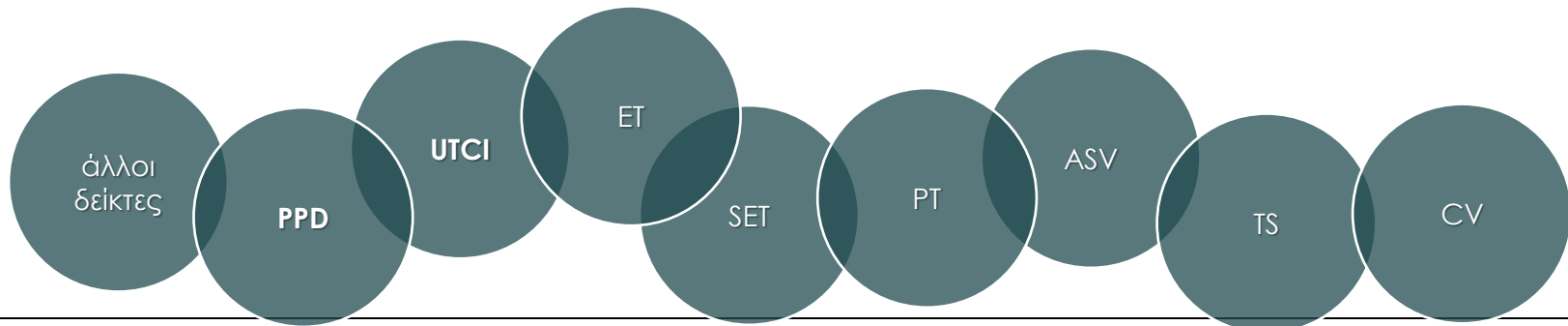
PET
**Physiologically Equivalent
Temperature**

**Φυσιολογικά Ισοδύναμη
Θερμοκρασία**

Δείκτης θερμικής καταπόνησης
(μέτρηση σε °C) :

18 °C – 23 °C: καμία καταπόνηση
<4 °C : ακραία θερμική καταπόνηση
>41 °C : ακραία θερμική καταπόνηση

Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Iziomon (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int. J. Biometeorology, Vol. 43, pp76-84



Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία PET Physiological equivalent temperature

Φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία PET είναι ένας **δείκτης θερμικής έντασης** που **περιγράφει το θερμικό περιβάλλον** με βάση τη φυσιολογία του ανθρώπινου σώματος.

Ο δείκτης PET ανήκει στην κατηγορία δεικτών που εκφράζουν την **αντικειμενική αντίδραση** που προκαλούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος **στο ανθρώπινο σώμα** και καθορίζεται ως ενδεικτική θερμοκρασία σε **κλίμακα βαθμών Κελσίου**.

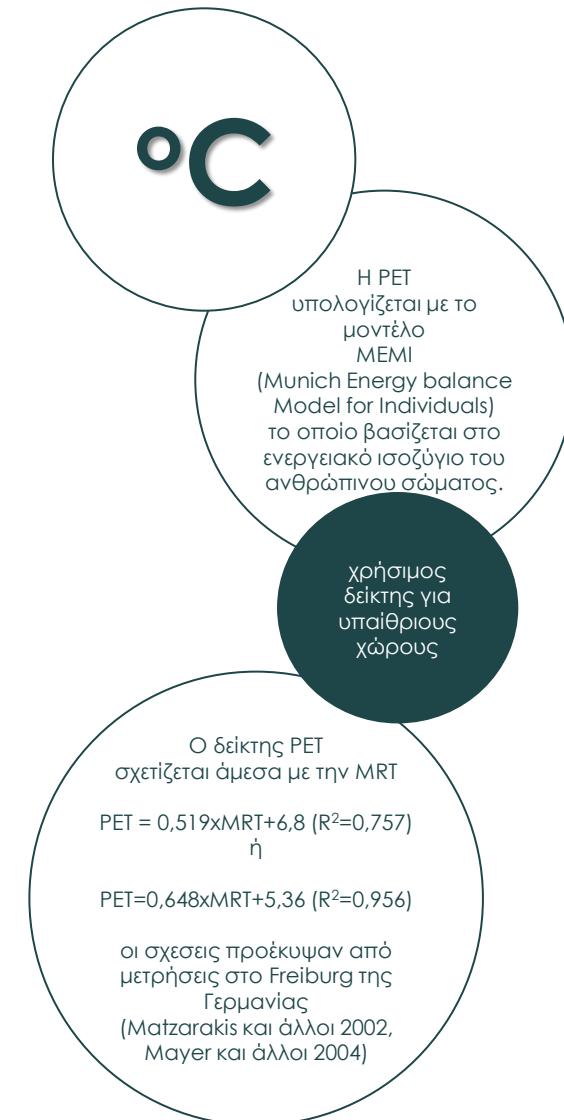
ΟΡΙΣΜΟΣ: Η PET ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρα σε έναν ιδεατό εσωτερικό χώρο αναφοράς χωρίς άνεμο και ηλιακή ακτινοβολία, στον οποίο το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος βρίσκεται σε ισορροπία και η θερμοκρασία σώματος και δέρματος είναι ίδιες με αυτές που έχει ένας άνθρωπος και στις περίπλοκες συνθήκες του πραγματικού χώρου, είτε υπαίθριου είτε εσωτερικού.

Στον ιδεατό εσωτερικό χώρο αναφοράς ορίζονται τυπικές συνθήκες με

- μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ίση με τη θερμοκρασία αέρα,
- ταχύτητα ανέμου 0,1 m/s και
- πίεση υδρατμών 12 hPa.

Για τον υπολογισμό της PET λαμβάνεται υπόψη

- σταθερή δραστηριότητα 80 W, και
- ένδυση που αντιστοιχεί σε 0,9clo.



Δείκτες θερμικής άνεσης | thermal comfort indices

Παγκόσμιος θερμικός κλιματικός δείκτης | Universal thermal climate index UTCI

Ο παγκόσμιος ή καθολικός θερμικός κλιματικός δείκτης UTCI (universal thermal climate index) είναι ένας θερμικός δείκτης, που αναπτύχθηκε από μία **επιτροπή του Διεθνούς Συλλόγου Βιο-μετεωρολογίας** (International Society for Biometeorology) υπό την **εποπτεία του παγκόσμιου μετεωρολογικού οργανισμού WMO**.

Πρόκειται για δείκτη που υπολογίζεται από **δυναμικό μοντέλο** με **πολλαπλούς κόμβους**, λαμβάνει υπόψη **μετεωρολογικές και θερμο-φυσιολογικές παραμέτρους**, υπολογίζει την κατάσταση του **σώματος** του **προσώπου** και των **άκρων** χωριστά, καλύπτει τις απαιτήσεις αξιολόγησης άνεσης για **σύντομη ή μακρά έκθεση** σε **ψυχρές και θερμές** συνθήκες.

UTCI Equivalent Temperature (ET) of an actual thermal condition is the air temperature of the **reference condition** causing the same **dynamic physiological response**

The Dynamic Whole Body Response

Thermoregulatory simulation model (Fiala et al. 2007) : extensively validated (Psikuta et al. 2007), coupled with a clothing model (Richards & Havenith 2007, ISO 9920)

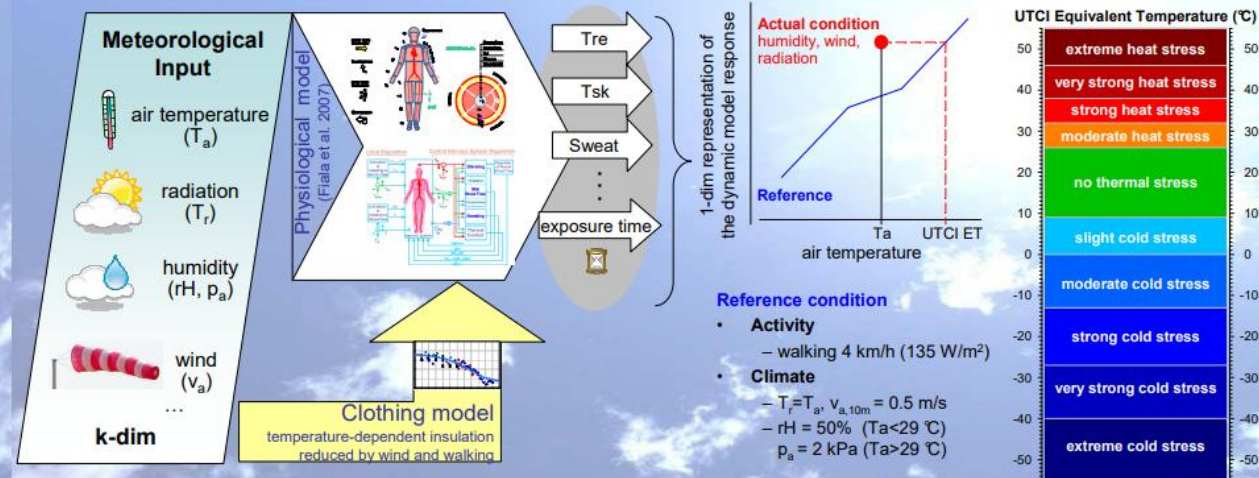
Response index (Fig. 1), a 1-dim representation necessary for executing the comparisons to the reference conditions, was computed as the 1st Principal Component (PC) from the early (30 min) and late (120 min) reactions of

7 indicators of thermal strain :

rectal temperature, mean and face skin temperatures, skin blood flow, sweat rate, skin wettedness, shivering

UTCI Equivalent Temperature

- Accelerated computation with acceptable error (Fig. 2)
- Categorisation in terms of thermal stress derived from single variables' responses in reference conditions (Fig. 3)
- Plausible effects of radiation and wind (Fig. 4), humidity response similar to human strain (Kampmann & Bröde 2009)



"The" Physiological Response – A Latent Variable in the Multidimensional Output of the UTCI Model – Multivariate Analyses



UTCI Calculator

Please note: The given polynomial approximation limits the application of this procedure to values of wind speed between 0.5 and 17 m/s!

Air temperature T_a

° Celsius

$\Delta T_{mrt} = T_{mrt} - T_a$

Kelvin

Water vapour pressure

☐

hPa

Rel. humidity RH

☒

%

Wind speed v in 10m

m/s

UTCI: 27.0 ° Celsius

Resources

- UTCI Fortran Sources
- UTCI Documents
- UTCI Calculation
- UTCI Poster
- Final Symposium on UTCI
- Training School on UTCI

UTCI calculator

https://www.utci.org/utci_calc.php

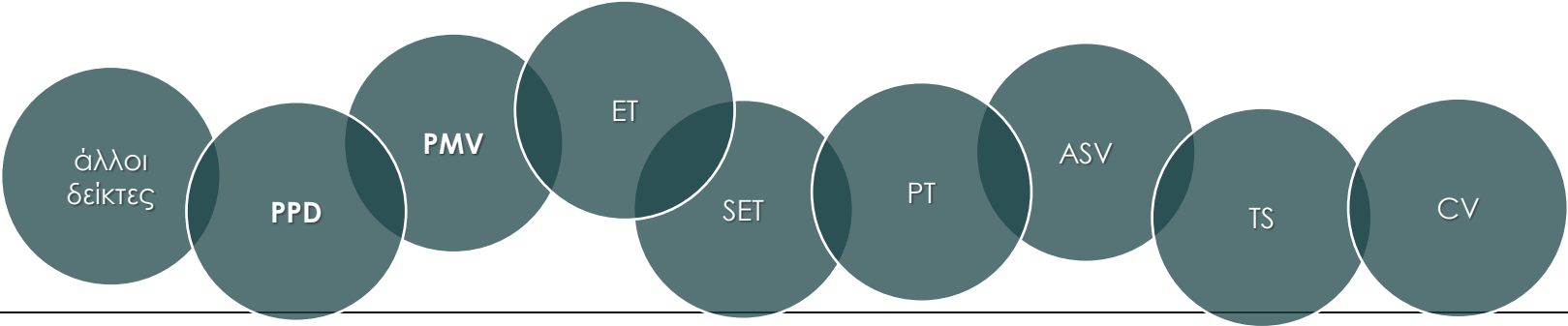
Δείκτες θερμικής άνεσης | Thermal comfort indices

Δείκτες θερμικής άνεσης PET και UTCI και κατηγορίες θερμικής καταπόνησης

PET (°C)	Θερμική αντίληψη Thermal sensation	Κατηγορίες καταπόνησης Thermal stress	UTCI (°C)
> 41	Πολύ θερμή	Ακραία θερμή ένταση	> +46
35 to 41	Θερμή	Πολύ ισχυρή θερμή ένταση	+38 to +46
29 to 35	Χλιαρή	Ισχυρή θερμή ένταση	+32 to +38
23 to 29	Ελαφρώς χλιαρή	Μέτρια θερμή ένταση	+26 to +32
18 to 23	Ουδέτερη	Καμία θερμική ένταση	+9 to +26
13 to 18	Ελαφρώς δροσερή	Ελαφρώς ψυχρή ένταση	0 to +9
8 to 13	Δροσερή	Μέτρια ψυχρή ένταση	-13 to 0
4 to 8	Ψυχρή	Ισχυρή ψυχρή ένταση	-27 to -13
< 4	Πολύ ψυχρή	Πολύ ισχυρή ψυχρή ένταση	-40 to -27
		Ακραία ψυχρή ένταση	< -40

Matzarakis, A., Muthers, S., & Rutz, F. (2014). Application and comparison of UTCI and PET in temperate climate conditions. *Finisterra*, 49(98), 21–31. <https://doi.org/10.18055/Finis6453>

Gómez, F., Valcuende, M., Matzarakis, A. and Cárcel J. (2018). Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology. *Environ Sci Pollut Res* 25, 26643–26652. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2736-1>



Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία MRT | Mean Radiant Temperature MRT

Η **μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (MRT)**, καθορίζει το περιβάλλον ακτινοβολίας και είναι **απαραίτητο μέγεθος** για την εκτίμηση του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου **για τον υπολογισμό των δεικτών θερμικής άνεσης και έντασης**.

Το **περιβάλλον ακτινοβολίας** έχει πολύ σημαντική επίδραση στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και στις συνθήκες άνεσης και αποτελεί μία από τις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών σε υπαίθριους χώρους και σε κλειστούς χώρους, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία «ορίζεται, για έναν άνθρωπο με καθορισμένη σωματική στάση και ενδυμασία, ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία ενός μέλανος σώματος, στο οποίο θα υπήρχαν οι ίδιες ανταλλαγές ακτινοβολίας (απώλειες και κέρδη) κάτω από όμοιες πραγματικές συνθήκες» (Matzarakis et al 2002).

Ο υπολογισμός της MRT βασίζεται στις ροές θερμικής και ηλιακής ακτινοβολίας: **άμεση, διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμική ακτινοβολία από επιφάνειες**

$$MRT = \sqrt[4]{\frac{S_{str}}{\epsilon_p \times \sigma}} - 273.15$$

όπου S_{str} η μέση ροή ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα με βάση τη σχέση

$$S_{str} = \alpha_k \times \sum_{i=1}^6 K_i \times F_i + \alpha_l \times \sum_{i=1}^6 L_i \times F_i$$

σ η σταθερά Stefan-Boltzmann,
 ϵ_p η εκπεμπικότητα (τυπική τιμή 0.97) που σύμφωνα με το νόμο του Kirchhoff είναι ίση με την απορροφητικότητα θερμικής ακτινοβολίας α_k ,
 α_l η απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας (τυπική τιμή 0.7),
 K_i ($i=1, 6$) η ροή ηλιακής ακτινοβολίας,
 L_i ($i=1, 6$) η ροή θερμικής ακτινοβολίας και

Μια εκτίμηση της MRT μπορεί να γίνει με βάση μετρήσεις της θερμοκρασίας σφαίρας (Globe Temperature)



$$MRT = \left((T_g + 273.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V_{0.8}^4}{\epsilon \times D^{0.4}} \times (T_g - T_a) \right)^{0.25} - 273.15$$

όπου T_g η θερμοκρασία σφαίρας (°C),
 $V_{0.8}$ η ταχύτητα ανέμου (m/s),
 T_a η θερμοκρασία αέρα (°C),
 D η διάμετρος της σφαίρας (mm) και
 ϵ η εκπεμπικότητα της σφαίρας (ASHRAE 2005, κεφ.14 σ.29).

Περιβάλλον ακτινοβολίας | Radiant environment

Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία MRT | Mean Radiant Temperature MRT

Για τον υπολογισμό της MRT (οδηγίες VDI 1998) απαιτούνται

- οι σχετικές **ιδιότητες και διαστάσεις των επιφανειών του περιβάλλοντος** που εκπέμπουν ακτινοβολία,
- ο συντελεστής θέασης του ουρανού (αν πρόκειται για υπαίθριο χώρο) και
- **η στάση του σώματος του ανθρώπου** (π.χ. όρθιος, καθιστός κτλ.).

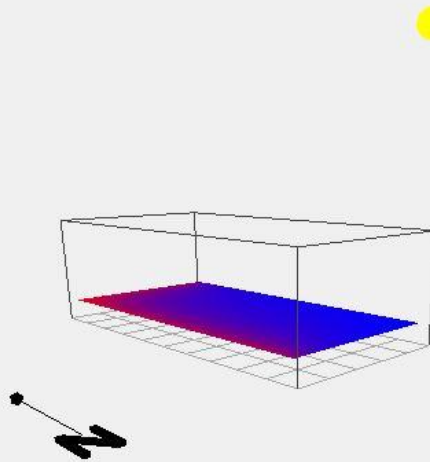
Εργαλεία
Tools

27.3



21.5

Όλο το περιβάλλον του γύρω από το ανθρώπινο σώμα διαιρείται σε η «θερμικές επιφάνειες», για τις οποίες καθορίζονται οι παράγοντες γωνιών θέασης **(angle factors) F_i ($i=1,n$)** σε σχέση με το σώμα. Αυτοί χρησιμοποιούνται ως παράγοντες στάθμισης της επίδρασης της ροής ακτινοβολίας από κάθε «επιφάνεια» προς το σώμα.



<https://centerforthebuiltenvironment.github.io/mrt/>

Room	
Surfaces	
Occupant	
posture	seated
azimuth	199
display	MRT
autoscale	☒
scaleMax	40
scaleMin	20
update view	
SolarCal	
Thermal Comfort	
ta	25
rh	50
vel	0.15
met	1.1
clo	0.5
Close Controls	

Προσαρμογή | Adaptive comfort

- Η προσαρμογή μπορεί να οριστεί ως η **σταδιακή μείωση της αντίδρασης του οργανισμού** σε συνεχόμενη έκθεση σε ερεθίσματα, που εμπεριέχει και τις δράσεις που βελτιώνουν την καταλληλότητά του για επιβίωση στο συγκεκριμένο περιβάλλον.
- Στην περίπτωση της θερμικής άνεσης η προσαρμογή περιλαμβάνει και τις διαδικασίες που ακολουθούν οι άνθρωποι για την **εναρμόνιση του περιβάλλοντος και των απαιτήσεών** τους.
- Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να διαχωριστούν σε φυσικές, φυσιολογικές και ψυχολογικές.



Η προσαρμογή σε διάφορες θερμικές συνθήκες μπορεί να γίνει μέσα από

- **ρυθμιστικές αντιδράσεις συμπεριφοράς** (πχ λήψη τροφής/ποτού, αλλαγές στην ένδυση, χρήση εξοπλισμού, διαχείριση ανοιγμάτων κ.α.),
- **φυσιολογική προσαρμογή** (πχ ομαλό ρυθμό μετάβασης) και **εγκλιματισμό** (συνήθεια τοπικών συνθηκών) και
- **ψυχολογική προσαρμογή** (πχ προσδοκίες, προηγούμενες εμπειρίες, αντίληψη ελέγχου κ.α.)

Φυσική Προσαρμογή και ρυθμίσεις συμπεριφοράς | adaptive responses

Η φυσική προσαρμογή πραγματοποιείται με εκούσιες προσωπικές αντιδράσεις για την αντιμετώπιση της μεταβολής των θερμικών συνθηκών όπως

- αλλαγή στάσης, ένδυσης, ή δραστηριότητας,
- κατανάλωση τροφίμων και ποτών,
- επεμβάσεις στο περιβάλλον όπως στο άνοιγμα ενός παραθύρου ή μιας ομπρέλας κ.ά.

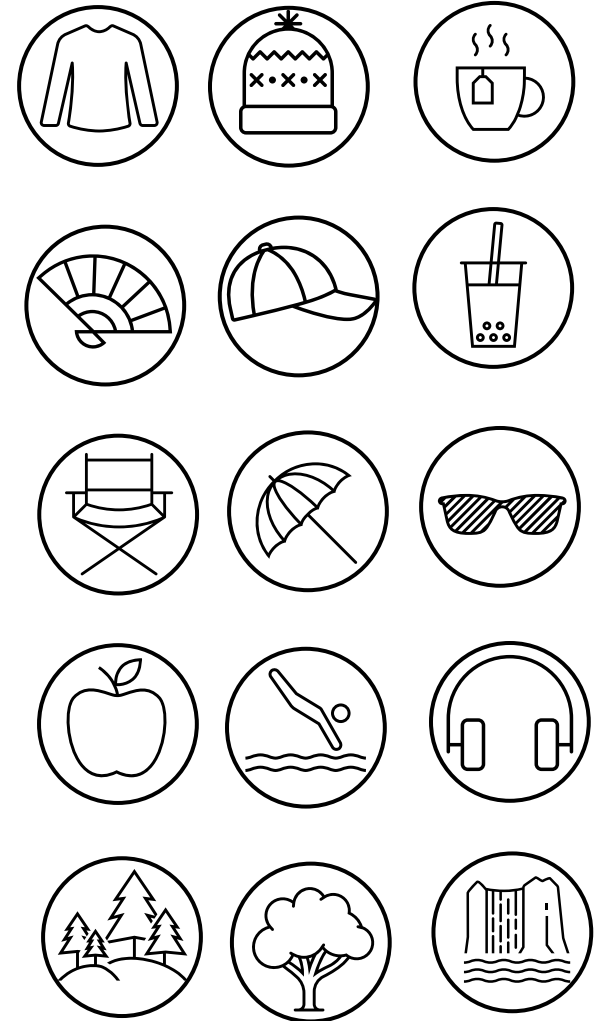


https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Adaptive_thermal_comfort#External_References



<https://www.buildingsandcities.org/insights/research-pathways/creating-adaptive-thermal-comfort.html>

Τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα και η δυνατότητα επιλογών είναι οι σημαντικότερες αιτίες της μεγαλύτερης ανεκτικότητας των ανθρώπων προς τις συνθήκες σε υπαίθριους χώρους.

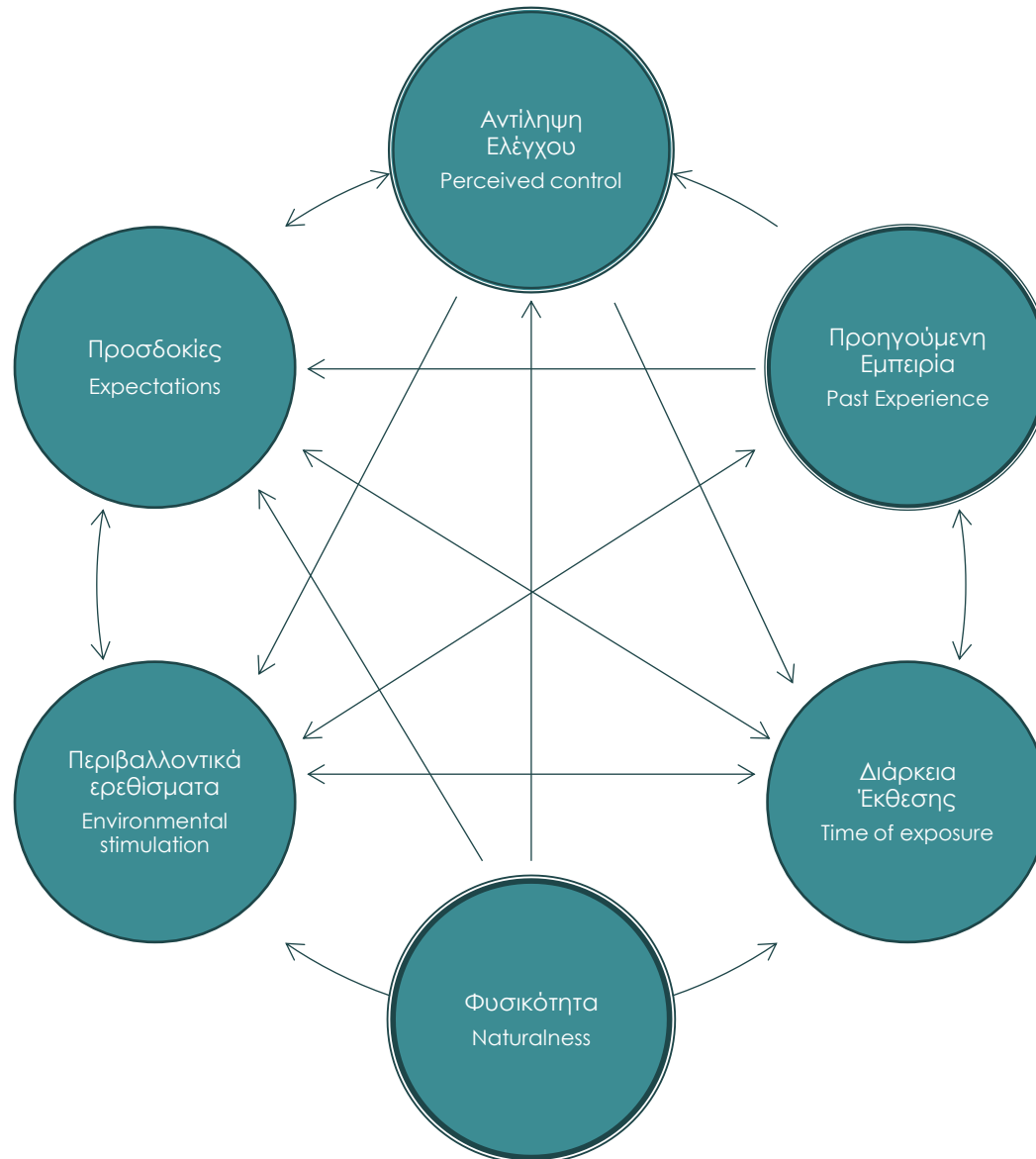


Ψυχολογική προσαρμογή | psychological adaptation

παράμετροι ψυχολογικής προσαρμογής & αλληλεπιδράσεις

Από τα αποτελέσματα έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε στο Cambridge, με ερωτηματολόγια και καταγραφή κλιματικών δεδομένων, προέκυψε ότι η διαφοροποίηση της θερμικής αίσθησης των χρηστών υπαίθριων χώρων με βάση απαντήσεις σε ερωτηματολόγια αποδίδεται μόνο κατά 50% στις μετρήσιμες παραμέτρους του μικροκλίματος, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό δεν μπορεί να μετρηθεί και εξαρτάται από παραμέτρους της ψυχολογικής προσαρμογής.

Ο σχεδιασμός των υπαίθριων χώρων μπορεί να προσφέρει προστασία από αρνητικές επιδράσεις του κλίματος και να δώσει έμφαση στην έκθεση σε θετικές, ενισχύοντας τη χρήση των υπαίθριων αστικών χώρων στη διάρκεια του χρόνου.



οδηγίες σχεδιασμού για
τους υπαίθριους χώρους
με βάση τους παράγοντες
που επηρεάζουν την
ψυχολογική προσαρμογή
και την άνεση

- περισσότερο πράσινο και όψεις φυσικού τοπίου στον αστικό χώρο για την ενίσχυση της φυσικότητας του περιβάλλοντος,
- συσχετισμό των μεμονωμένων υπαίθριων χώρων με το σχεδιασμό ευρύτερων περιοχών και μεγαλύτερη ποικιλία θερμικού περιβάλλοντος στην πόλη που να καλύπτει διαφορετικές προηγούμενες εμπειρίες των πεζών,
- ευκαιρίες για φυσική προσαρμογή με ποικιλία διαφορετικών χώρων στο σύνολο του υπαίθριου χώρου και δυνατότητα επιλογών,
- διαμόρφωση μεταβατικών χώρων,
- κινητά στοιχεία στη διάθεση του χρήστη που να ενισχύουν την αντίληψη ελέγχου του περιβάλλοντος και
- περιβαλλοντικά ερεθίσματα με έμφαση στην προστασία από αρνητικές επιδράσεις και έκθεση σε θετικές επιδράσεις του κλίματος.

Προσαρμογή σε υπαίθριους χώρους | adaptive outdoor comfort

Η αίσθηση της άνεσης στους υπαίθριους χώρους παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος ανεκτών συνθηκών σε σύγκριση με τη ζώνη άνεσης σε κλειστά και ελεγχόμενα περιβάλλοντα.

Η μεγάλη ανεκτικότητα θερμικών συνθηκών σε υπαίθριους χώρους οφείλεται σε

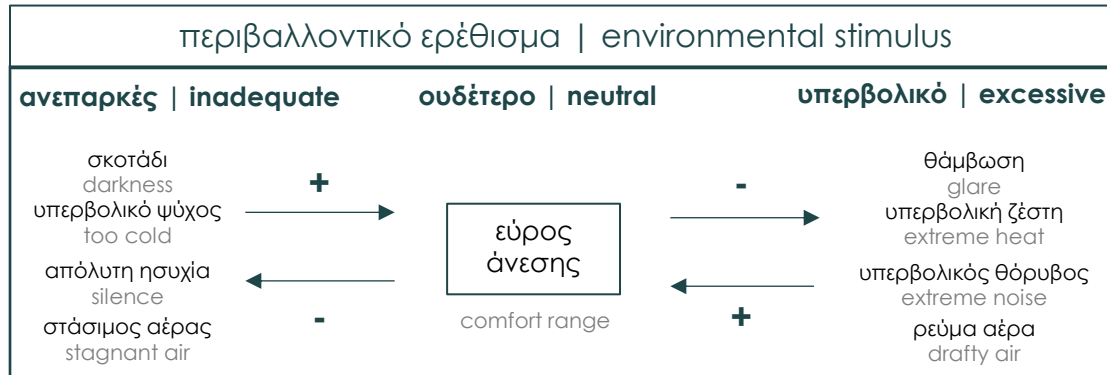
- χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος,
- στην επιρροή υποκειμενικών παραγόντων,
- στη δυνατότητα της ελεύθερης επιλογής και
- στην προσαρμογή.

«Οι άνθρωποι μπορούν να ανεχθούν εύκολα μια μεγάλη ποικιλία συνθηκών, οι οποίες με συμβατικά κριτήρια θα χαρακτηρίζονταν δυσάρεστα περιβάλλοντα, με την προϋπόθεση της παρουσίας χαρακτηριστικών φυσικού τοπίου και την αντίληψη της ευκαιρίας προσαρμογής» (Baker 2000).

- Ως ευκαιρία προσαρμογής μπορεί να θεωρηθεί η δυνατότητα φυσικής προσαρμογής και συγκεκριμένα η πραγματική και αντιληπτή ελευθερία του ανθρώπου να πραγματοποιήσει μετατροπές στο τοπικό περιβάλλον ή να ρυθμίσει την προσωπική του κατάσταση, στάση, θέση, ένδυση κ.ά.
- Ως χαρακτηριστικά του φυσικού τοπίου μπορούν να θεωρηθούν η ποικιλία του περιβάλλοντος στο χώρο και η μεταβλητότητά του στο χρόνο σε συνδυασμό με την δημιουργία ευκαιριών για αντιδράσεις προσαρμογής.



Φυσιολογική Προσαρμογή | physiological adaptation



the change rate
has greater
influence than
the change
range

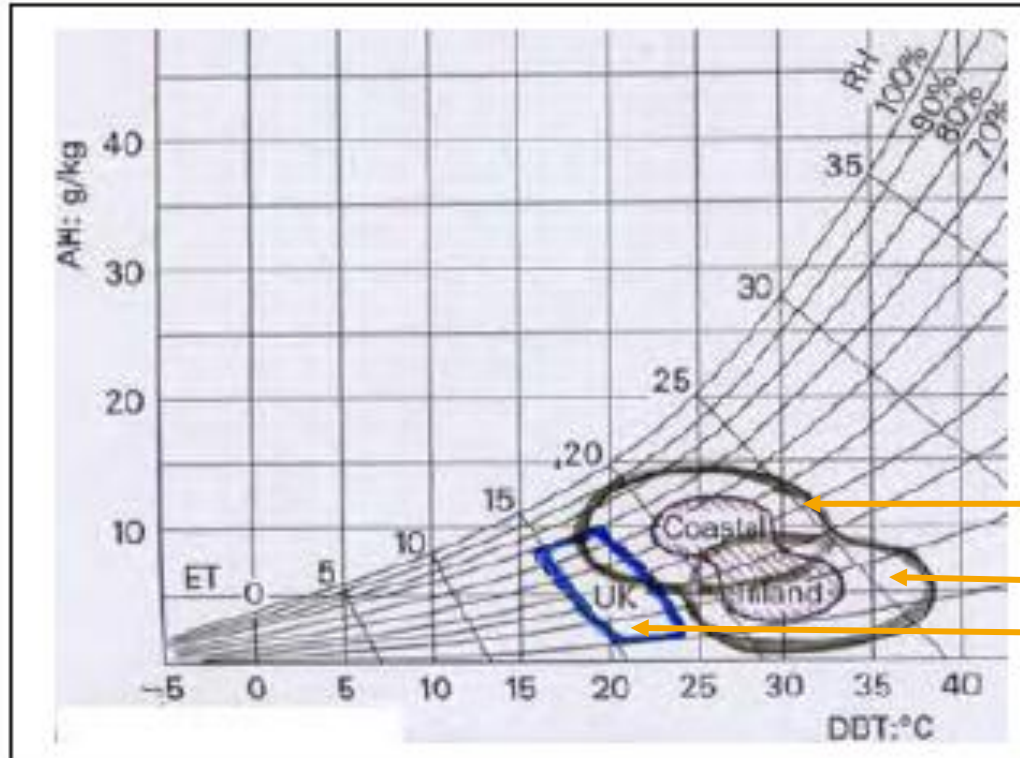
Ο ρυθμός
μεταβολής των
συνθηκών
επηρεάζει
περισσότερο
από ότι το
μέγεθος της
μεταβολής

Κατά τη διάρκεια θερμικών μεταβολών, αυτό που επηρεάζει τη θερμική αίσθηση είναι **ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας του δέρματος** και λιγότερο η ίδια η μεταβολή της θερμοκρασίας. Σε περίπτωση πολύ αργής μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών, **οι μηχανισμοί του σώματος προσαρμόζονται σταδιακά**, συμβαδίζοντας με κάθε διαδοχική αλλαγή, με αποτέλεσμα η επίδραση σχεδόν να μην είναι αντιληπτή και **η αλλαγή να γίνεται υποσυνείδητα**.



Φυσιολογική Προσαρμογή | εγκλιματισμός | acclimatization

Ζώνη θερμικής άνεσης για κατοίκους περιοχών με διαφορετικά κλίματα



Οι κάτοικοι μιας περιοχής συνηθίζουν στις τοπικές κλιματικές συνθήκες και εμφανίζουν μεγαλύτερη ανεκτικότητα.

Australia coastal

more humid

Australia inland

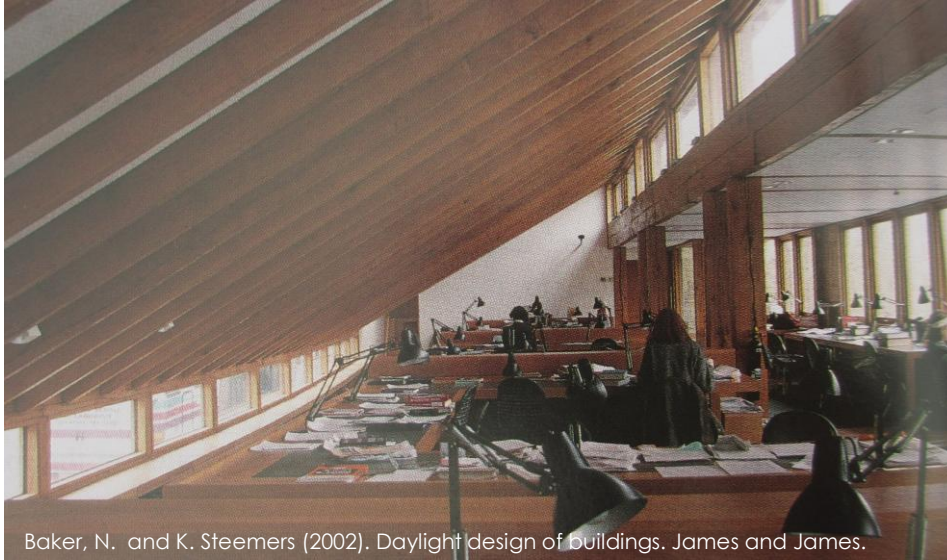
warmer and drier

UK

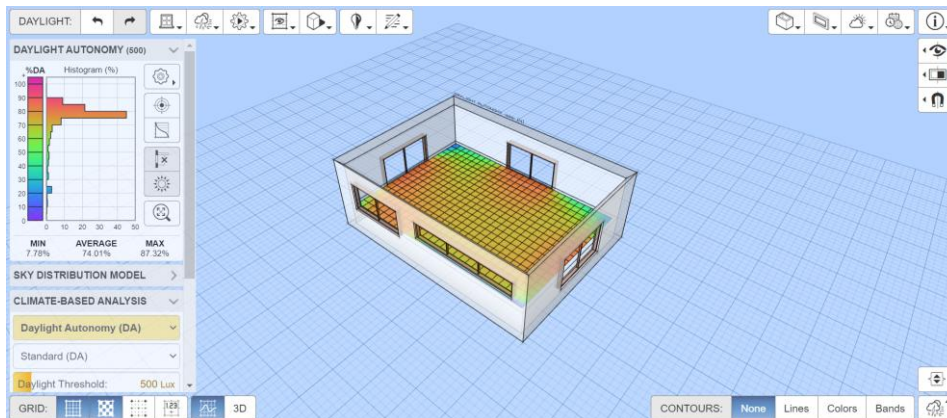
colder

Comfort zones defined in 1958 by Macfarlane for Australian coastal and inland people (with extension for people used to outdoor work) compared with a comfort zone suggested for the UK

Επαρκή επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τη δραστηριότητα Ομοιομορφία φωτισμού και αποφυγή θάμβωσης



Baker, N. and K. Steemers (2002). Daylight design of buildings. James and James.



<https://andrewmarsh.com/software/daylight-box-web/>

Πίνακας 2.4. Στάθμη γενικού (όχι ειδικού) φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου σύμφωνα με το EN 12464-1 2011.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	200	0,8	-	-
Ξενοδοχείο ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Ξενώνας ετήσιας λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
θερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
χειμερινής λειτουργίας	300	0,8	22	0,6
Οικοτροφείο και κοιτώνας	300	0,8	22	0,6
Υπνοδωμάτιο ξενοδοχείου, οικοτροφείου κ.ά.	250	0,8	-	-
Κοινόχρηστος χώρος ξενοδοχείου, οικοτροφείου	100	0,5	28	0,4

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. Σύμφωνα με την αναθεώρησή τους Κ.Εν.Α.Κ. (2017). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.

Αυτονομία Φυσικού Φωτισμού ορίζεται ως το ποσοστό των ωρών στο έτος στο οποίο η τιμή φωτισμού σε κάποιο σημείο του χώρου είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή σχεδιασμού (π.χ. 500 lx)

Ακουστική άνεση | acoustic comfort

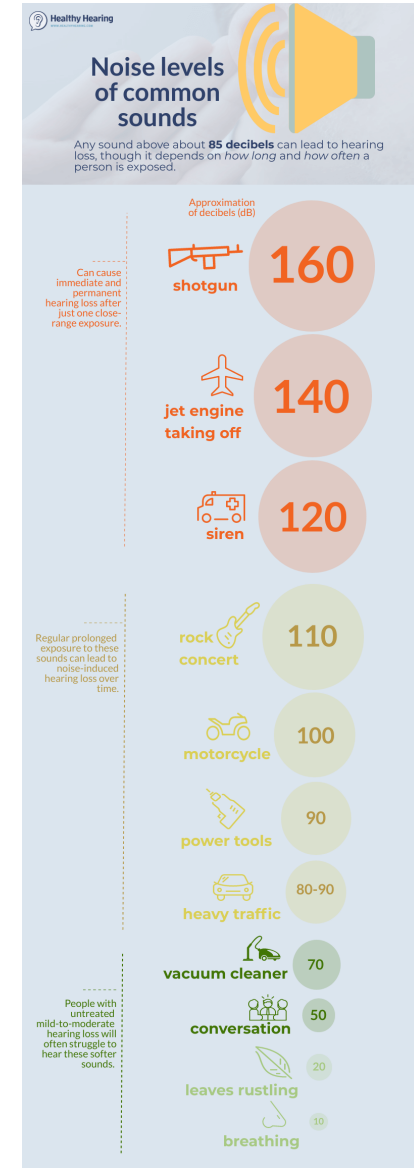
Decibel	Sound	Source
10	Almost inaudible	Normal breathing
20	Audible	Rustling leaves, Mosquitoes
30	Very quiet	Whisper
40	Quiet	Stream, Refrigerator humming
50	Limited Sound	Quiet office
55	Normal Sound	Filtering Coffee maker
60	Fairly Quiet	Normal conversation
70	Irritating	Vacuum cleaner, Hairdryer
75	Constant Sound	Dishwasher
80	Unpleasant	City traffic noise
85	Loud	Lawnmower
90	Louder	Violin
95	Noisy	Farm tractor
100	Extremely Unpleasant	Train
105	Even Louder	Large drum
110	Extremely Loud	Symphony orchestra
120	Extremely Loud	Thunderclap, Boombox

<https://byjus.com/physics/decibel/>



The Sound of Silence: The Quietest Room in World

<https://londonproofingrus.com/the-sound-of-silence-the-quietest-room-in-world/>



<https://www.healthyhearing.com/report/52514-What-is-a-decibel>

Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι που επιδεινώνουν την ποιότητα αέρα

- οξείδια του αζώτου NO_x,
- πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου NMVOCs
- διοξείδιο του θείου SO₂
- αμμωνία NH₃
- αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5}

Ρύποι και πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων εσωτερικών χώρων

- Αμίαντος
- Βιολογικοί Ρύποι
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Φορμαλδεΰδη, Πρεσσαρισμένα Προϊόντα Ξύλου
- Μόλυβδος Pb
- Διοξείδιο του αζώτου NO₂
- Φυτοφάρμακα
- Ραδόνιο Rn
- Αιωρούμενα Σωματίδια εσωτερικού χώρου PM
- Καπνός
- Σόμπες, Θερμοσίφωνες, Τζάκια και Καμινάδες
- Πτητικές οργανικές ενώσεις VOCs

"Europe has put in place legislation to reduce emissions from harmful air pollutants. The National Emission reduction Commitments Directive (NECD) sets national emission reduction commitments for Member States and the EU for five important air pollutants: nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs), sulphur dioxide (SO₂), ammonia (NH₃) and fine particulate matter (PM_{2.5}). These pollutants contribute to poor air quality, leading to significant negative impacts on human health and the environment."

European Environment Agency

Indoor air pollutants and sources

Asbestos

Biological Pollutants

Carbon Monoxide (CO)

Formaldehyde/Pressed Wood Products

Lead (Pb)

Nitrogen Dioxide (NO₂)

Pesticides

Radon (Rn)

Indoor Particulate Matter

Secondhand Smoke/ Environmental Tobacco Smoke

Stoves and Heaters

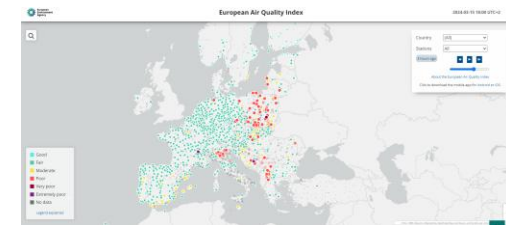
Fireplaces and Chimneys

Volatile Organic Compounds (VOCs)

U.S. Environmental Protection Agency



<https://map.purpleair.com/1/mAQI/a10/p604800/cC0#4.02/46.92/10.71>



<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>

<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>

Επίδραση ροής αέρα στην άνεση | air flow effect on comfort

Η ροή του αέρα έχει δροσιστική επίδραση που εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητά του.

Στο **εσωτερικό κτιρίων**, η μέση υποκειμενική αντίδραση σε διάφορες ταχύτητες αέρα είναι:

- απαραίτητη ροή για ταχύτητα κάτω από 0,25 m/s,
- ευχάριστη ροή για ταχύτητες μεταξύ 0,25-0,50 m/s,
- αντιληπτή κίνηση αέρα για ταχύτητες μεταξύ 0,50-1,00 m/s,
- αντιληπτό ρεύμα για ταχύτητες μεταξύ 1,00-1,50 m/s και
- ενοχλητικό ρεύμα για ταχύτητες μεγαλύτερες από 1,50 m/s.

Σε **υπαίθριους χώρους** είναι ανεκτές μεγαλύτερες ταχύτητες αέρα:

- ο άνεμος γίνεται ενοχλητικός με ταχύτητα πάνω από 5 m/s
- ο άνεμος γίνεται δυσάρεστος με ταχύτητα πάνω από 10 m/s.

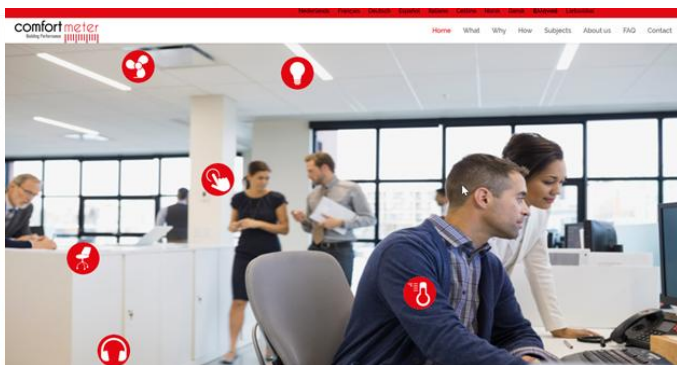
Επιπτώσεις ταχύτητας και διάρκειας ριπών ανέμου στο αστικό περιβάλλον

Ταχύτητα ριπής (m/s)	Διάρκεια ριπής (s)	Επιπτώσεις ανέμου
4	5	Πλατάγισμα ρούχων, τα μαλλιά αναταράσσονται
6	5	Τα μαλλιά αναστατώνονται, ανακατεύονται
12	5	Βίαιο πλατάγισμα ρούχων
12	10	Σημαντική καθυστέρηση απέναντι στον άνεμο
16	2	Ο άνεμος παρασύρει τους πεζούς στο πλάι
18	10	Ο άνεμος σχεδόν σταματάει τους πεζούς Ανεξέλεγκτο τρέκλισμα προς την κατεύθυνση του ανέμου
24	2	Ασταθές βάδισμα με ανάγκη στηριγμάτων

Αξιολόγηση συνθηκών άνεσης και ευεξίας σε εσωτερικούς χώρους



- Οι συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους αξιολογούνται και
- με βάση την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ) αλλά και
 - με κριτήρια που σχετίζονται με την υγεία και την ευεξία των χρηστών.



INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY (IEQ)

The survey focuses on the Indoor Environmental Quality of a workplace. It enables Technical Facility managers to diagnose a (bad) building. It also makes it possible to compare the comfort satisfaction before & after implementing measures intended to improve the comfort satisfaction. The survey can also be used to monitor the comfort level during the execution of Building Performance Contracts (BPC).

This survey is compliant with the WELL Building Standard v1. It contains questions about thermal comfort, acoustic quality of air and light. It also checks how users feel about the individual control they have over the environmental conditions in their workspace. It also assesses the building's appearance and the workspace's ergonomics.

USER WELL-BEING (WELL)

This survey is compliant with the WELL Building Standard v1. It is a holistic survey that goes beyond IEQ. The survey is a helpful tool for Web or Sustainability managers who would like to monitor the impact of their workplace policies on employees. In addition to the IEQ questions, it also checks other factors like health, wellness policies, access to healthy food, access to nature, etc.

Comfortmeter is accredited by the WELL Standard organization as an approved survey provider. The WELL Standard requires 2 levels of performance: minimum (C04 survey), which is optional (optimization) and make it possible to earn additional credits.



COMFORTMETER		COMFORTMETER	
IEQ	User well-being		
v1	v2 C04	v2 C05	
✓	✓	✓	
✓	✓		
✓			
✓			
	✓		
	✓		
	✓		
	✓		
	✓		
		✓	
		✓	
		✓	
		✓	
		✓	
Standard survey question list	Standard survey question list	Available as optional modules	

Globe thermometer

Air temperature
and humidity
sensor

windmeter



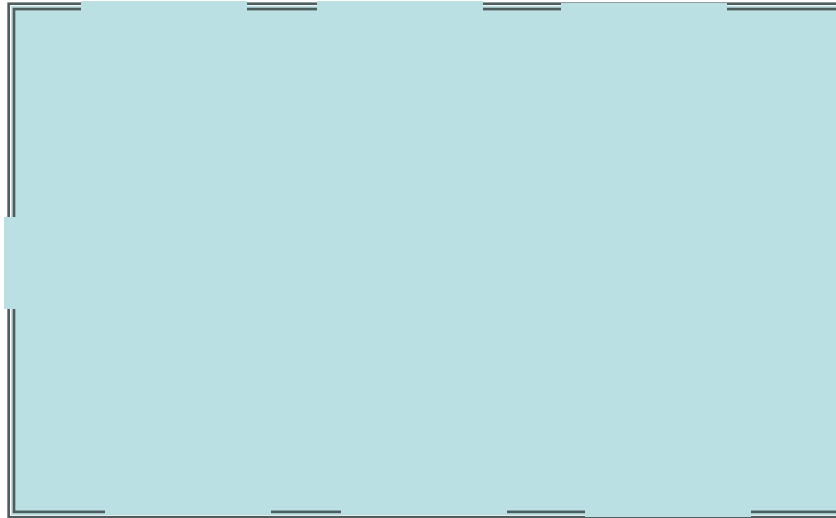
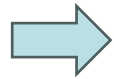
Βιβλιογραφία

- ASHRAE (2005). Fundamentals. SI Edition. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2005.
- Auliciems, A. και S. Szokolay (1997). Thermal Comfort. PLEA Notes, Design Tools and Techniques. Passive and Low Energy Architecture International in association with the Department of Architecture, University of Queensland.
- Fanger, P.O. (1972). Thermal Comfort; Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw, N.Y.
- Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons Inc.
- Givoni, B., M. Noguchi, H. Saaroni, O. Pochter, Y. Yaacov, N. Feller και S. Becker (2003). Outdoor comfort research issues. Energy and Buildings Vol. 35, Issue 1, pp77-86.
- Hoppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. Energy and Buildings Vol. 34, pp661-665
- Hoppe, P. (1999). The Physiologiactal equivalent temperature - a universal indexfor the biometeorological assessment of the thermal environment. International Journal of Biometeorology Vol. 43, pp71-75
- Iziomon, M.G., H. Mayer και A. Matzarakis (2003). Downward atmospheric longwave irradiance under clear and cloudy skies: Measurement and parameterization. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics Vol. 65, pp1107-1116.
- Jendritzky, G., H. Staiger, K. Bucher, A. Graetz και G. Laschewski (2001). The Percieved temperature: The Method of the Deutscher Wetterdienst for the Assessment of Cold Stress and Heat Load for the Human Body. In ISB Commission 6 for the development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI). Meeting Report, June 7-8, 2001, Freiburg, Germany. International Society of Biometeorology.
- Jendritzky, G., de Dear, R. & Havenith, G. UTCI—Why another thermal index?. Int J Biometeorol 56, 421–428 (2012).
<https://doi.org/10.1007/s00484-011-0513-7>
- Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. Int J Biometeorol 51, 323–334 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8>
- Matzarakis, A., F. Rutz και H. Mayer (2000). Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium (ed.by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC '99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No 1026, 273-278
- Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Iziomon (1999). Apllications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int. J. Biometeorology, Vol. 43, pp76-84
- Mayer, E. (1993). Objective Criteria for thermal comfort. Building and Environment 28 (4), pp399-403.
- Nikolopoulou, M., N.Chrisomallidou, K. Steemers, R. Compagnon, J. Kang, N. Kofoed,G. Scudo, και L. Katzschner (2004). Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS), 2001-2003. Key Action 4, "City of Tomorrow and Cultural Heritage", from the program "Energy, Environment and Sustainable Development", within the Fifth Framework Program of the EU. ISBN: 960-86907-2-2
- Nikolopoulou M. and K. Steemers, (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy and Buildings, Volume 35, Issue 1, Pages 95-101, ISSN 0378-7788
- Spagnolo J. και R. de Dear, (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi outdoor environments in subtropical Sydney Australia. Building and Environment, Vol 38, pp721-738.

Ερωτηματολόγιο συνθηκών άνεσης

Φύλο	♀	_____	_____	_____	_____	_____	♂
Ηλικία	0	_____	_____	_____	_____	_____	100+
Ύψος	0	_____	_____	_____	_____	_____	2,00m+
Βάρος	0	_____	_____	_____	_____	_____	100kg+
Ένδυση	0	_____	_____	_____	_____	_____	3,5clo+
Δραστηριότητα	1met	_____	_____	_____	_____	_____	8met+

Θέση στην αίθουσα



Αίσθηση θερμικού περιβάλλοντος

πολύ ψυχρά	ψυχρά	δροσερά	άνετα	ελαφρώς θερμά	θερμά	πολύ θερμά
●	●	●	●	●	●	●

Ημερομηνία
Ώρα