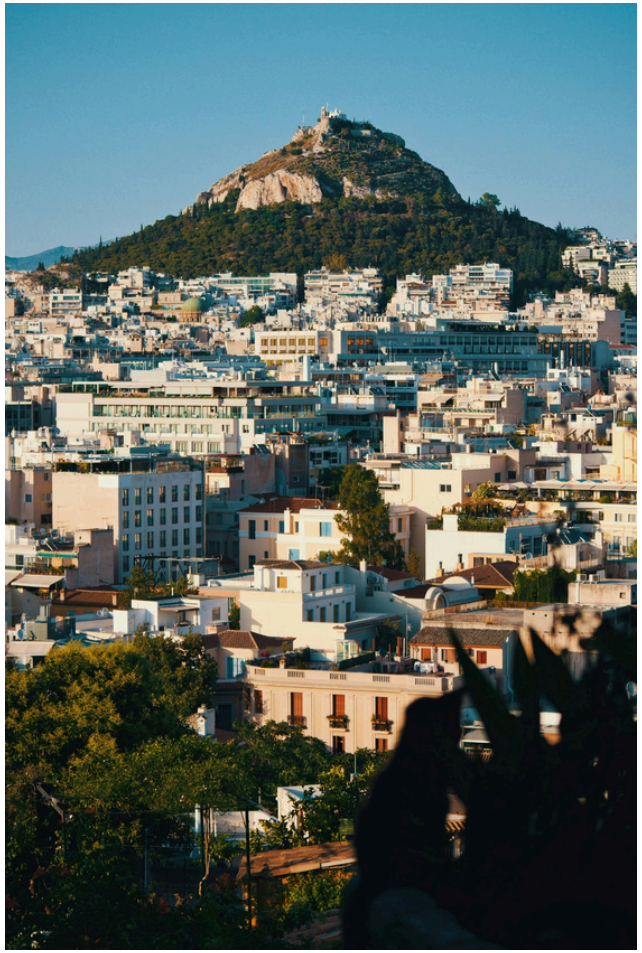
Οι Κλιματικοί Κίνδυνοι των Ελληνικών Πόλεων: Ιστορική Αναδρομή και Μελλοντικές Προβολές



DIMAND
REAL ESTATE DEVELOPMENT

Συγγραφείς:

- Κωνσταντίνος Καρτάλης, Καθηγητής ΕΚΠΑ
- Ηλίας Αγαθαγγελίδης, Μεταδιδακτορικός ερευνητής ΕΚΠΑ
- Αναστάσιος Πολύδωρος, Διδάκτωρ ΕΚΠΑ
- Κωνσταντίνος Φιλιππόπουλος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ) ΕΚΠΑ

Με τη συμμετοχή των:

- Γεώργιος Βόκολος, Φυσικός
- Φαίδων Μαυρουδής, Μάστερ Φυσική Περιβάλλοντος ΕΚΠΑ
- Μελιτίνη Οικονόμου, Φυσικός

Περιεχόμενα

01 Ιστορική κλιματική αναδρομή

02 Μελλοντικές προβολές
- Κλιματική κρίση
- Ακραίες συνθήκες
- Τρωτότητα

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

Η μέση ετήσια θερμοκρασία αυξάνεται.

Ο αριθμός των θερμών ημερών*αυξάνεται.

Ο αριθμός των τροπικών νυχτών**αυξάνεται.

Οι ενεργειακές ανάγκες ψύξης αυξάνονται.

Οι καύσωνες αυξάνονται και διαρκούν περισσότερο.

Οι βροχοπτώσεις δεν αυξάνονται σημαντικά αλλά γίνονται πιο ευμετάβλητες.

*Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία > 25°C

**Ημέρες στις οποίες η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από τους 20°C ούτε τη νύχτα

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

	Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	Θερμές ημέρες	Τροπικές νύχτες	Ετήσια βροχόπτωση (mm)
Αθήνα	17,07 (+0,74)	139,3 (+6,3)	67 (+16,9)	354 (+38)
Θεσσαλονίκη	14,84 (+0,99)	114,6 (+11,2)	54,7 (+19,7)	548 (+79)
Γούρνες Ηρακλείου	18,02 (+0,52)	143,7 (+4,6)	67 (+18,3)	421 (+48)

Συγκριτικά κλιματικά χαρακτηριστικά για τις τρεις περιοχές μελέτης. Μέσες τιμές της περιόδου 1981–2010 και σε παρένθεση η μέση απόκλιση της περιόδου 2011-2022.

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

Οι ενεργειακέςανάγκεςψύξηςαυξάνονται.

Πώς μετράμε τις ενεργειακές ανάγκες –για την ψύξη;

- **Ως μια άνετη θερμοκρασία βάσης, θεωρούμε τους 18°C.**
- **Όσο περισσότερο διαφέρει η ημερήσια μέση θερμοκρασία από αυτή τη θερμοκρασία βάσης, τόσο πιο πολύ εκτιμούμε ότι θα αναγκαζόμαστε να ξοδεύουμε ενέργεια σε ψύξη.**
- **Για κάθε ημέρα του έτους όπου η μέση θερμοκρασία ήταν μεγαλύτερη των 18°C, υπολογίζουμε τη μέση ημερήσια απόκλισης από τους 18°C.**
- **Υπολογίζουμε λοιπόν το ετήσιο άθροισμα των θετικών διαφορών μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας βάσης των 18°C.**
- **Δείκτης εκτίμησης ενεργειακών αναγκών ψύξης* = συνολικό θερμικό φορτίο που πρέπει να απομακρυνθεί για να επιτευχθεί άνεση, βάσει της απόκλισης που υπολογίσαμε προηγουμένως.**

*Ο δείκτης συναντάται και ως «Βαθμοημέρεςψύξης»

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

Οι ενεργειακέςανάγκεςψύξηςαυξάνονται.

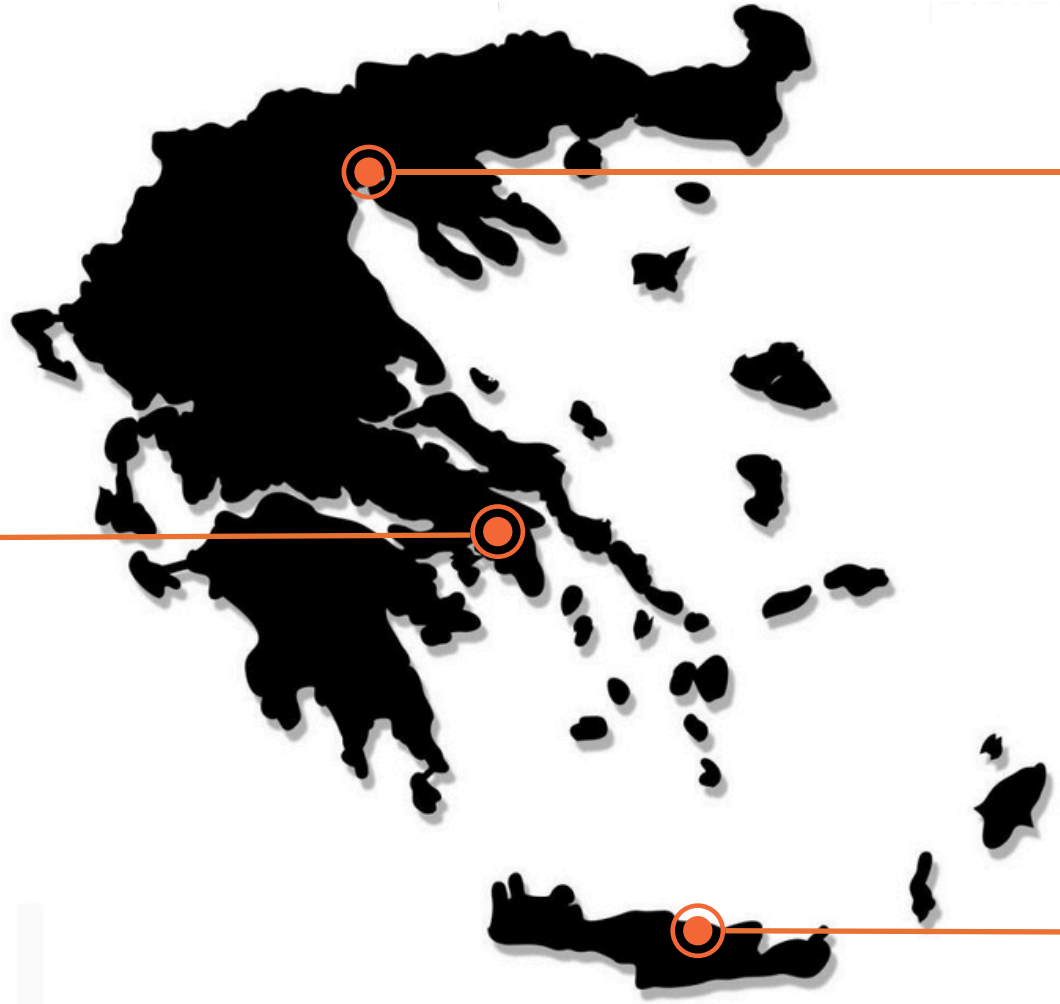
	Εκτίμηση αύξησης του δείκτη ενεργειακών αναγκών ψύξης για την περίοδο 2011-2022 σε σχέση με την περίοδο 1981-1990
Αθήνα	+170 μονάδες
Θεσσαλονίκη	+175 μονάδες
Γούρνες Ηρακλείου	+140 μ ονάδες

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

Οικαύσωνεςαυξάνονταικαιδιαρκούν περισσότερο.

	Εκτίμηση απόκλισης των επεισοδίων καύσωνα για την περίοδο 2013-2022 σε σχέση με την περίοδο 1981-2010	Μεταβολή των ημερών κάθε επεισοδίου για την περίοδο 1981-2022
Αθήνα	**+2 επεισόδια**	+8,5 ημέρες
Θεσσαλονίκη	+1,5 επεισόδιο	**+8,8 ημέρες**
Γούρνες Ηρακλείου	+1,2 επεισόδιο	+5 ημέρες

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

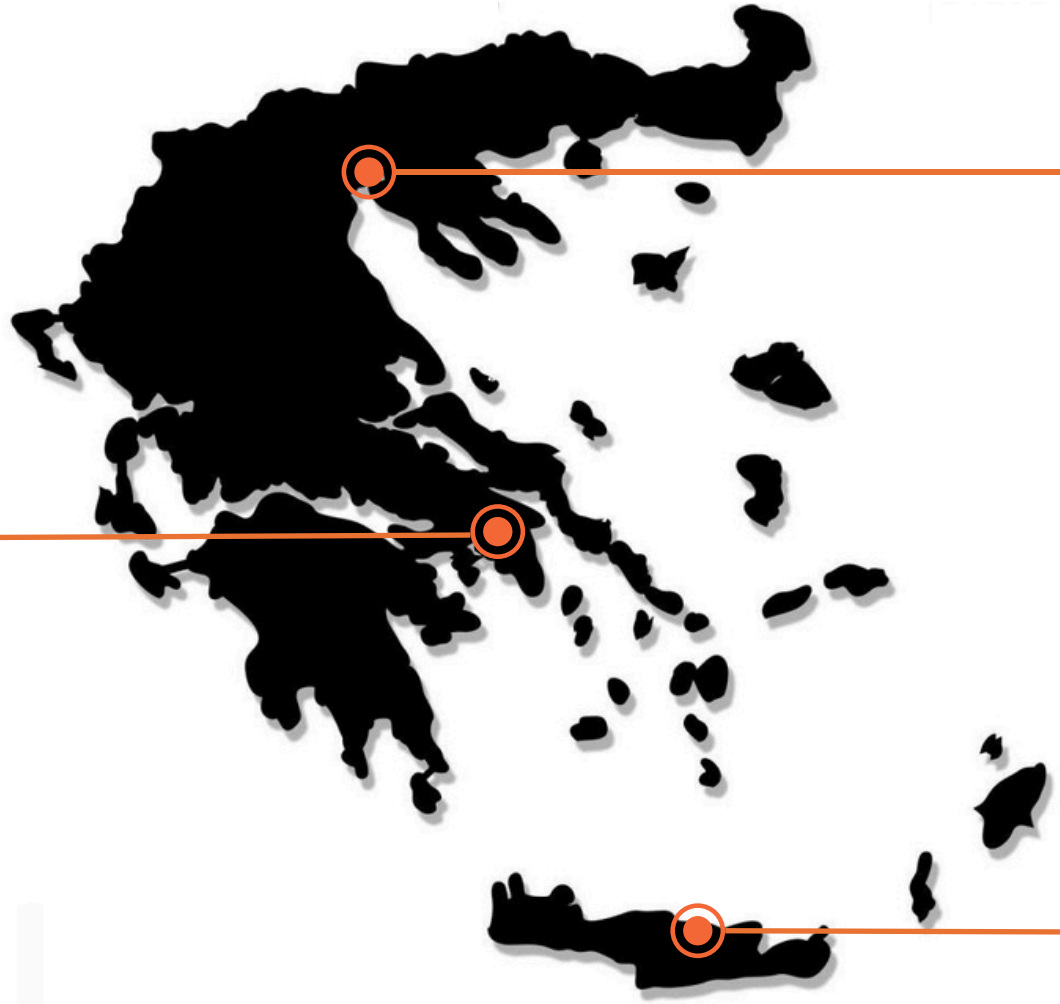


Θεσσαλονίκη

Αθήνα

Γούρνες Ηρακλείου

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)



Θεσσαλονίκη

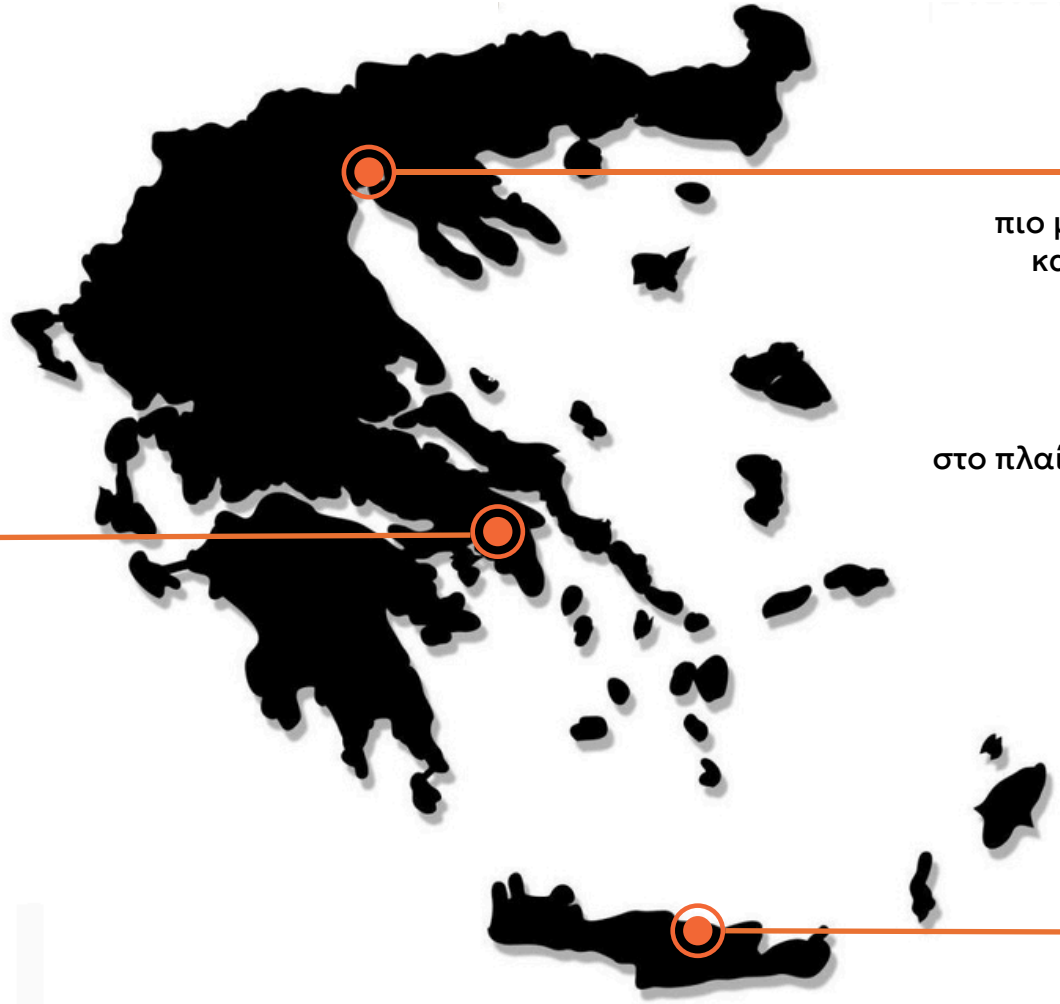
Αθήνα

έντονη θερμική πίεση
ημέρες και νύχτες με πολλές θερμές
πιο ξηρό υδρολογικό καθεστώς από τις

άλλες δύο περιοχές βάσει του προφίλ
βροχοπτώσεών της

Γούρνες Ηρακλείου

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)



Θεσσαλονίκη

πιο μεγάλες αποκλίσεις στη μέση θερμοκρασία
καθώς και στις θερμές ημέρες και νύχτες των
πρόσφατων ετών =
ταχύτερη μεταβολή του κλίματος

υψηλότερη ετήσια βροχόπτωση
στο πλαίσιο του πιουγρούχαρακτήρατηςΒ.Ελλάδας

Αθήνα

Γούρνες Ηρακλείου

Ιστορική κλιματική αναδρομή (1981-2022)

Θεσσαλονίκη

Αθήνα

υψηλότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και μεγαλύτερος αριθμός θερινών ημερών επιβεβαιώνονταστονθερμό χαρακτήρα της Ν. Ελλάδας

μικρότερη θετική απόκλιση στη μέση θερμοκρασία των πρόσφατων ετών το κλίμαείναι ήδηθερμό, αλλά ορυθμός της πρόσφατης θέρμανσης είναι ηπιότερος ίσως λόγω της εξομαλυντικής επίδρασης της θάλασσας

Γούρνες Ηρακλείου

Μελλοντικές προβολές | Κλιματική κρίση

- Μετριοπαθές σενάριο RCP 4.5àοι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κορυφώνονται γύρω στο 2040 και στη συνέχεια μειώνονται

- Δυσμενές σενάριο RCP 8.5 àοι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνεχίζουν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα

Μελλοντικές προβολές | Κλιματική κρίση

- **Μετριοπαθές σενάριο RCP 4.5àοι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κορυφώνονται γύρω στο 2040 και στη συνέχεια μειώνονται**

- **Δυσμενές σενάριο RCP 8.5 àοι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνεχίζουν να αυξάνονται καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα**

Λαμβάνοντας υπόψιν τις μεταβλητές που επηρεάζουν το μικροκλίμασε κάθε μία από τις συγκεκριμένες γεω γ ρ α φικές περιοχές (από τη γεωμορφολογία και την ανθρώπινη δραστηριότητα, μέχρι τους ανέμους και τη δόμηση),οι ερευνητές κατέληξαν σε μια σειρά από εκτιμήσεις για τις συνθήκες και τους κινδύνους μέχρι το 2060.

Μετριοπαθές σενάριο àα εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κορυφώνονται γύρω στο 2040 και στη συνέχεια μειώνονται

Μελλοντικές προβολές | Κλιματική κρίση

σχέση με μ.ό. περιόδου αναφοράς 1971-2000
Κλιματικός δείκτης –σύγκριση τιμών 2040-2060 σε

	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Γούρνες Ηρακλείου
Μέση ετήσια θερμοκρασία	**+1,8°C**	+1,9°C	**+1,6°C**
Αριθμός θερμών ημερών	**+17**	**+14,6**	+20-25
Αριθμός τροπικών νυκτών	**+34**	**+30**	+37
Βαθμοημέρεςψύξης (μονάδες)	+354	**+336**	**+333**
Αριθμός επεισοδίων καύσωνα	**+3,7**	+4,4	**+2,8**
Αριθμός ημερών με καύσωνα	**+22**	+27	**+16**
Ετήσια βροχόπτωση (mm)	**–9,5**	**–9,6**	-10
Αριθμός ημερών υψηλής βροχόπτωσης	**–0,19**	**+0,02**	+0,6

Αυσμενές σενάριο ἀοι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνεχίζουν να αυξάνονται καθ’ όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα

Μελλοντικές προβολές | Κλιματική κρίση

σχέση με μ.ό. περιόδου αναφοράς 1971-2000
Κλιματικός δείκτης –σύγκριση τιμών 2040-2060 σε

	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Γούρνες Ηρακλείου
Μέση ετήσια θερμοκρασία	+2,5°C	+2,7°C	+2,2°C
Αριθμός θερμών ημερών	+27	+26	+30
Αριθμός τροπικών νυκτών	+46	+50 +494	+48
Βαθμοημέρεςψύξης (μονάδες)	+507 +5,4		+411
Αριθμός επεισοδίων καύσωνα		+5,7	+4,3
Αριθμός ημερών με καύσωνα	+32,7	+39	+29,4
Ετήσια βροχόπτωση (mm)	–15,3	–13,5	-3,5
Αριθμός ημερών υψηλής βροχόπτωσης	–0,22	+0,05	+0, 45

Μελλοντικές προβολές | Κλιματική κρίση

Κλιματικός δείκτης –σύγκριση τιμών 2040-2060 σε σχέση με μ.ό. περιόδου αναφοράς 1971-2000

	Αθήνα		Θεσσαλονίκη		Γούρνες Ηρακλείου	
	Μετριοπαθές σενάριο	Δυσμενές σενάριο	Μετριοπαθές σενάριο	Δυσμενές σενάριο	Μετριοπαθές σενάριο	Δυσμενές σενάριο
Μέση ετήσια θερμοκρασία	**+1,8°C**	+2,5°C	+1,9°C	**+2,7°C**	**+1,6°C**	**+2,2°C**
Αριθμός θερμών ημερών	**+17**	**+27**	**+14,6**	**+26** +50 +494	+20-25	+30
Αριθμός τροπικών νυκτών	**+34**	**+46**	**+30**		+37	**+48**
Βαθμοημέρεσψύξης (μονάδες)	+354	+507	**+336**		**+333**	**+411**
Αριθμός επεισοδίων καύσωνα	**+3,7**	**+5,4**	+4,4	**+5,7**	**+2,8**	**+4,3**
Αριθμός ημερών με καύσωνα	**+22** 33,8	**+32,7**	+27	+39	**+16**	**+29,4**
Ετήσια βροχόπτωση (mm)	**–9,5**	**–15,3**	**–9,6**	–13,5	-10	**-3,5**

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση ακραίων συνθηκών

- Ποια είναι η ένταση των ακραίων φαινομένων; Δηλαδή, ποια είναι η ακραία τιμή της θερμοκρασίας και του ύψους βροχής που εκτιμώνται ότι θα συμβούν 1 φορά στα 10, 20 και 50 χρόνια;

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση ακραίων συνθηκών

		Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Ηράκλειο
Μέγιστη θερμοκρασία (°C)	10 έτη	41,4	39,5	40,4
	20 έτη	42,2	40,5	41,9
	50 έτη	43,1	41,6	42,1
Ύψος βροχής (mm)	10 έτη	63,7	56,4	45,7
	20 έτη	7 3 ,7	62,3	53,1
	50 έτη	86,8	69,3	63

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

- Η έννοια της «τρωτότητας» περιγράφει τον βαθμό στον οποίο οι πληθυσμοί, οι υποδομές και οι δραστηριότητες μιας περιοχές που ενδέχεται να επηρεαστούν αρνητικά από την κλιματική αλλαγή είναι όντως ευάλωτοι σε αυτές, ανάλογα με το εάν μπορούν να τις αντιμετωπίσουν ή/και να προσαρμοστούν σε αυτές ή όχι.

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

Ο υπολογισμός της τρωτότητας μια περιοχής γίνεται βάσει ενός δείκτη που λαμβάνει υπόψη τέσσερις παράγοντες:

01 Θερμοκρασία της επιφάνειας

που βοηθά στο να εντοπίσουμε περιοχές με θερμική πίεση

02 Βλάστηση

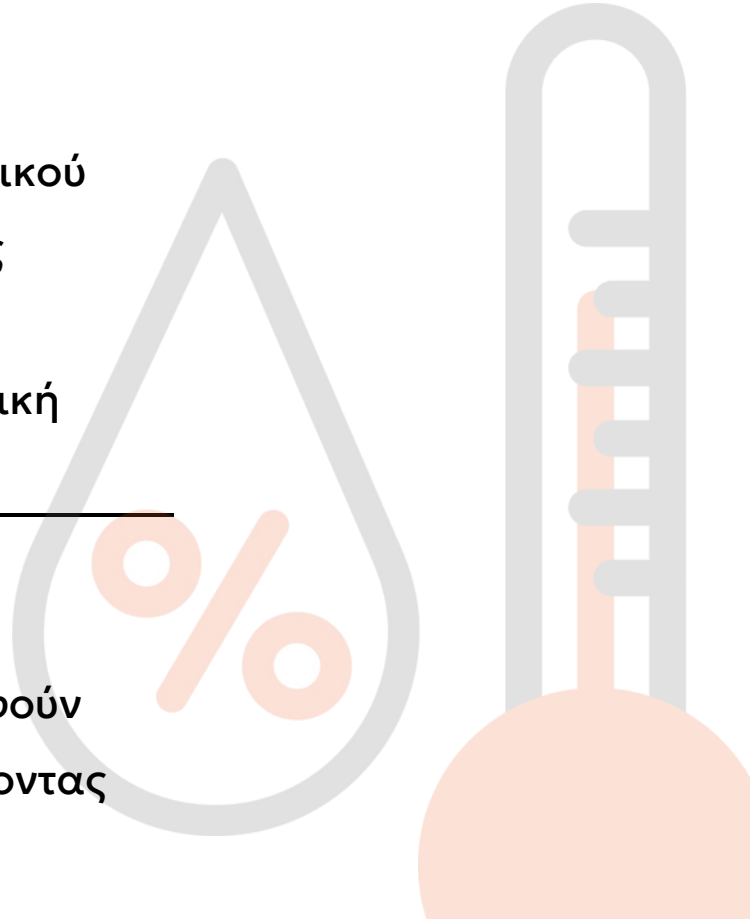
που συνδέεται με τη δυνατότητα φυσικού δροσισμού μέσω της σκίασης και της εξατμισοδιαπνοής, παράγοντες που μπορούν να αντισταθμίσουν τη θερμική πίεση

03 Υψος των κτιρίων

καθώς η υψηλή δόμηση τείνει να «παγιδεύει» τη θερμότητα, εμποδίζοντας την καλή ροή του αέρα

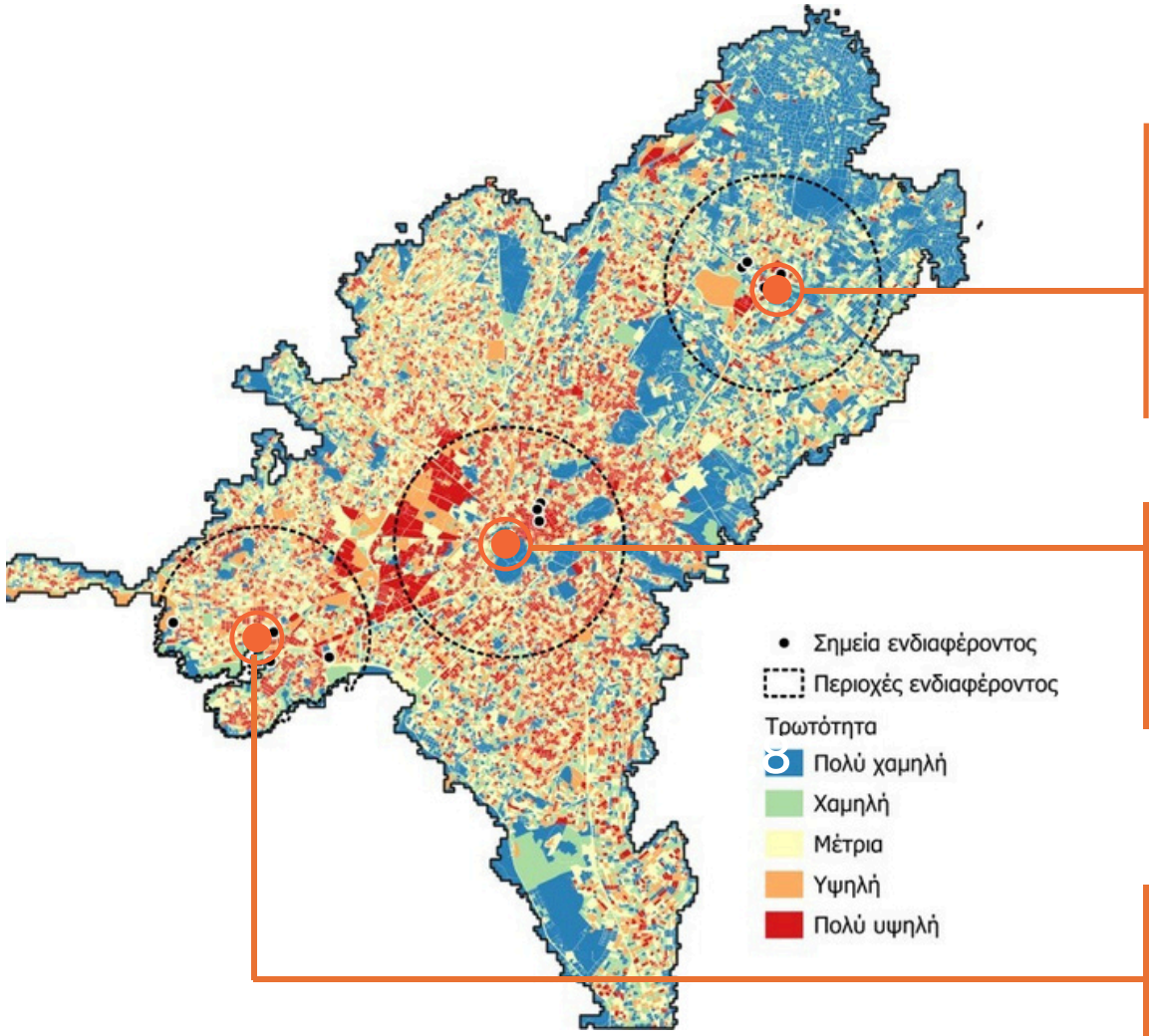
04 Αδιαπερατότητατων υλικών

καθώς ορισμένες επιφάνειες είναι σχεδιασμένες με υλικά που απορροφούν μεγάλο μέρος της θερμότητας μειώνοντας τις δυνατότητες δροσισμού



Αθήνα

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας



Δείκτης τρωτότητας Αθήνας

Μαρούσι

μεγαλύτερη ανομοιογένεια: το περισσότερο πράσινο συνηγορεί σε μια πιο ευνοϊκή εικόνααλλά η εναλλαγή διαπερατών και αδιαπέραστων επιφανειών καθώς και η ετερογενής δόμηση της περιοχής διαφοροποιούν την εικόνα

Κέντρο Αθήνας (κυρίως ιστορικό κέντρο και Ελαιώνας/Ρέντης)

υψηλότερες τιμές τρωτότητας εξαιτίας απουσίας πρασίνου, πυκνής και σχετικά υψηλής δόμησης που περιορίζει τον αερισμό,και του συνεχούς δικτύου «σκληρών» υλικών που αποθαρρύνουν τον δροσισμό

Πειραιάς

εκτεταμένες περιοχές υψηλής και πολύ υψηλής τρωτότηταςλόγω απουσίας πρασίνου και πυκνής και σχετικά υψηλής δόμησης

Θεσσαλονίκη

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

Δείκτης τρωτότητας Θεσσαλονίκης

Ζώνες με υψηλότερη τρωτότητα (κυρίως δυτικά)

περιοχές όπου κυριαρχούν επιφάνειες ασφάλτου, τσιμέντου και δικτύων μεταφορών, όπου η βλάστηση είναι αποσπασματική ή ανύπαρκτη, και όπου το ύψος και η πυκνότητα των κτιρίων δημιουργούν συνθήκες θερμικού εγκλωβισμού

Ζώνες με μέτρια τρωτότητα

περιοχές όπου η δόμηση είναι λιγότερο συμπαγής και το πράσινο, αν και λιγοστό, ξεπροβάλλει

Ζώνες με χαμηλότερη τρωτότητα (κυρίως νότια)

περιοχές κυρίως κοντά στη θάλασσα όπου η επίδραση της αύρας οδηγεί σε μειωμένες θερμοκρασίες επιφανείας(κυρίως νότια) ή περιοχές με παρουσία πρασίνου (κυρίως ανατολικά) και λιγότερο δομημένες επιφάνειες που λειτουργούν δροσιστικά

Γούρνες Ηρακλείου

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

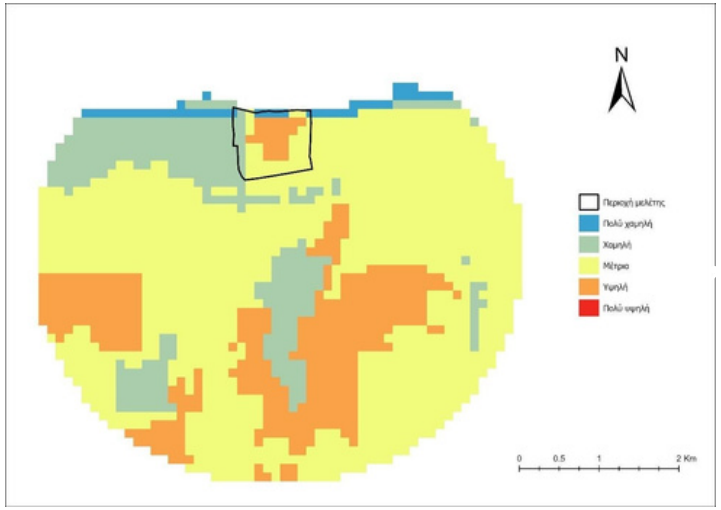
	Διακινδύνευση	
	1981-2010	2046-2065

Δείκτης που συνδυάζει τους 4 παράγοντες της τρωτότητας με την επικινδυνότητα του κάθε μεμονωμένου κλιματικού κινδύνου

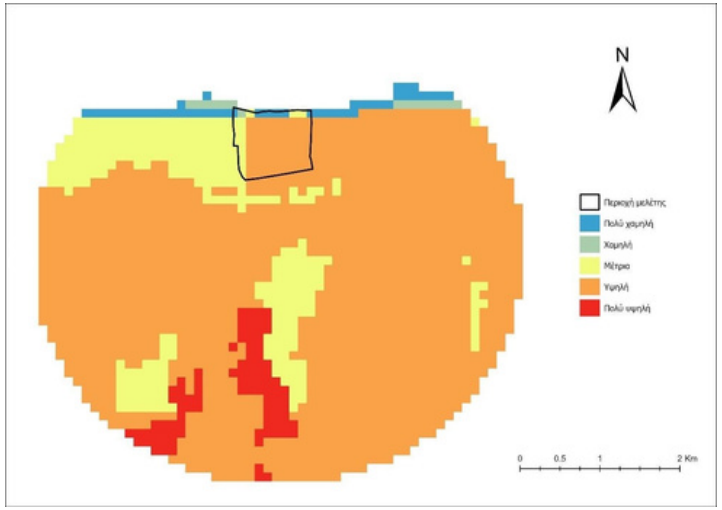
Γούρνες Ηρακλείου

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

	Διακινδύνευση	
	1981-2010	2046-2065
Δασικές πυρκαγιές	**Μέτρια-υψηλή**	**Υψηλή**



Εκτίμηση διακινδύνευσης λόγω δασικών πυρκαγιών στις Γούρνες για την περίοδο αναφοράς 1981-2010



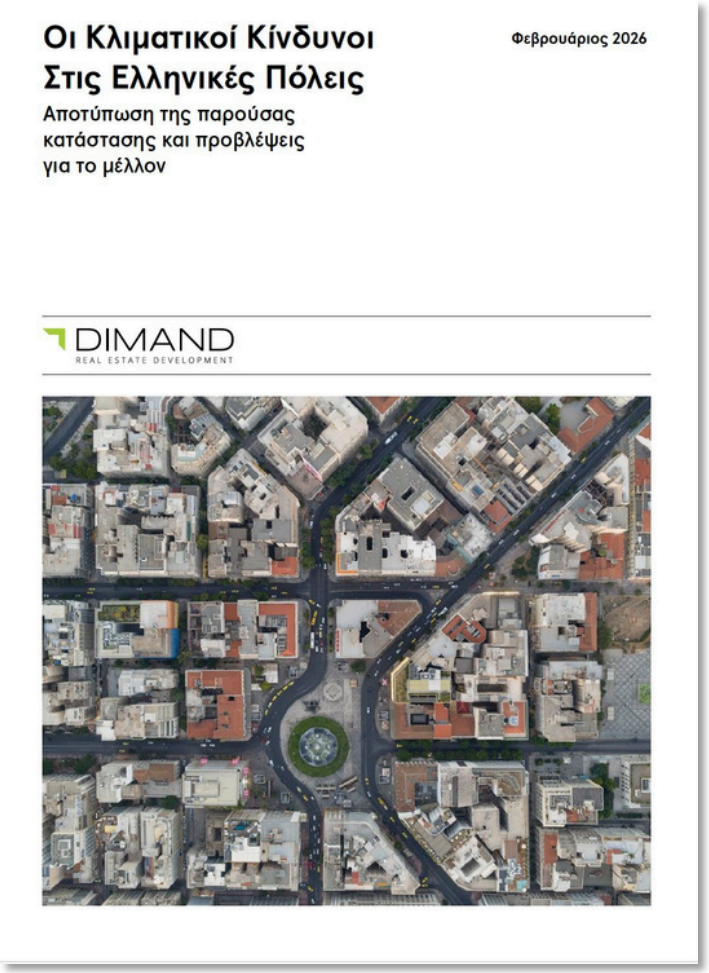
Εκτίμηση διακινδύνευσης λόγω δασικών πυρκαγιών στις Γούρνες για τα μέσα του αιώνα βάσει του μετριοπαθούς κλιματικού σεναρίου

Γούρνες Ηρακλείου

Μελλοντικές προβολές | Εκτίμηση τρωτότητας

	Διακινδύνευση	
	1981-2010	2046-2065
Δασικές πυρκαγιές	Μέτρια-υψηλή	Υψηλή-πολύ υψηλή
Πλημμύρες	Χαμηλή	Μέτρια [οι ήπιες κλίσεις της περιοχής και η μέση τιμή αδιαπερατότηταστων υλικών της διατηρούν την τρωτότητα της περιοχής σε μέτρια επίπεδα, με κύριους –μορφολογικούς–παράγοντες κινδύνου τη σταδιακή αύξηση της αστικοποίησης και τη μείωση των φυσικών επιφανειών απορρόφησης του νερού των βροχοπτώσεων]
Ξηρασία	Υψηλή	Πολύ υψηλή [με άμεσο αντίκτυπο στην αγροτική παραγωγή]
Καύσωνες	Υψηλός	Πολύ υψηλός

Σκανάρετετο QR code για να δείτε όλο το υλικό: ολόκληρη την έρευνα καθώς και ένα βίντεο με τα βασικά ευρήματα.



Εκπόνηση έρευνας: ερευνητική ομάδα του Τομέα Φυσικής Περιβάλλοντος του ΕΚΠΑ
Παραγωγή: 1830 lab