

ΣΥΝΤΟΜΟ  
ΚΑΙ  
ΚΑΤΑΝΟΗΤΟ

# ΜΙΚΡΑ ΑΕΡΙΑ, ΜΕΓΑΛΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

DAVID NELLES & CHRISTIAN SERRER



ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ  
ΕΥΡΩΣΥΣΤΗΜΑ

ΚΕΝΤΡΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ  
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ



# ΜΙΚΡΑ ΑΕΡΙΑ, ΜΕΓΑΛΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ: Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

DAVID NELLES ΚΑΙ CHRISTIAN SERRER



Εικονογράφηση  
Lisa Schwegler, Stefan Kraiss  
και Janna Geisse

© ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ – Απρίλιος 2022

ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Κέντρο Πολιτισμού, Έρευνας και Τεκμηρίωσης

Ελ. Βενιζέλου 21, 102 50 Αθήνα

Τηλ.: 210 320 3562

Τίτλος πρωτοτύπου: *Kleine Gase, Große Wirkung. Der Klimawandel.*

ISBN: 978-618-5536-19-0 (print)

ISBN: 978-618-5536-20-6 (online)



**ΠΩΣ ΝΑ ΔΙΑΒΑΣΕΤΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ:**

*Οι αριθμοί με μορφή εκθέτη στο τέλος των προτάσεων παραπέμπουν στις πηγές. Στη σελίδα 128 εξηγούμε πού θα βρείτε αυτές τις πηγές.*

*Οι αριθμοί μέσα σε αγκύλες παραπέμπουν στα γραφήματα ή σε συγκεκριμένα στοιχεία τους, που συνδέονται με το κείμενο της σελίδας.*

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1  
ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ**  
8/9

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2  
ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ  
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ**  
22/23

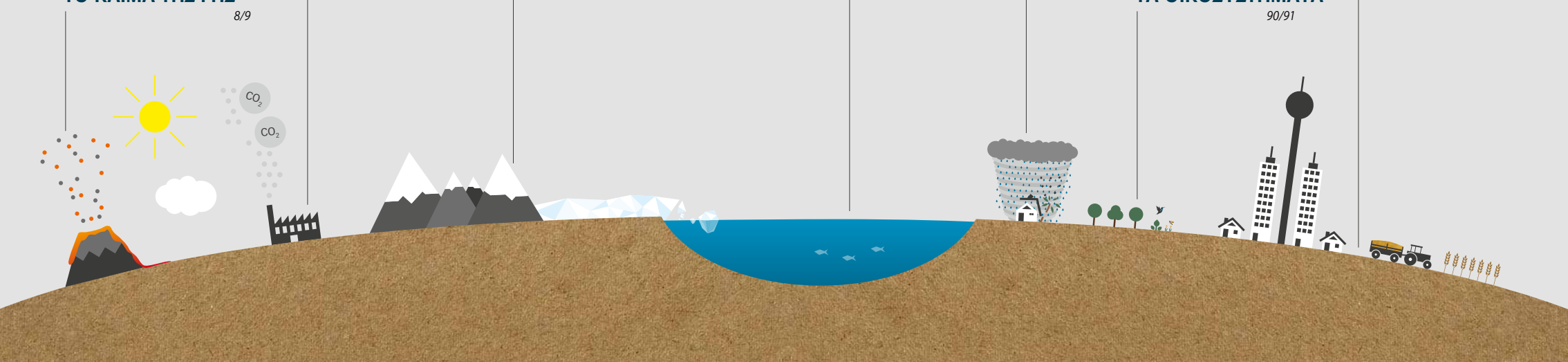
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3  
Η ΚΡΥΟΣΦΑΙΡΑ**  
50/51

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4  
ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ**  
68/69

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5  
ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΚΑΙ  
ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ**  
78/79

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6  
ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**  
90/91

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7  
Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ**  
104/105



## ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Ως «κλίμα» ορίζονται οι μέσες καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή, παρατηρούμενες σε μια μακρά περίοδο – τουλάχιστον 30 έτη, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό.<sup>1</sup> Σε αντίθεση με τον καιρό ήσυχον, το κλίμα αλλιάζει με πολύ αργούς ρυθμούς. Μια πτώση της θερμοκρασίας κατά 5°C μέσα σε ένα 24ωρο είναι εντελώς διαφορετική από μια άνοδο της ψυχρότητας του κλίματος κατά 5°C. Σ' αυτή την περίπτωση θα επικρατούσαν συνθήκες παρόμοιες με εκείνες της τελευταίας παγετώδους περιόδου και η Βόρεια Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική θα καλύπτονταν και πάλι από ένα παχύ στρώμα πάγων.<sup>2</sup>

8  
/  
9

ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ — 10/11

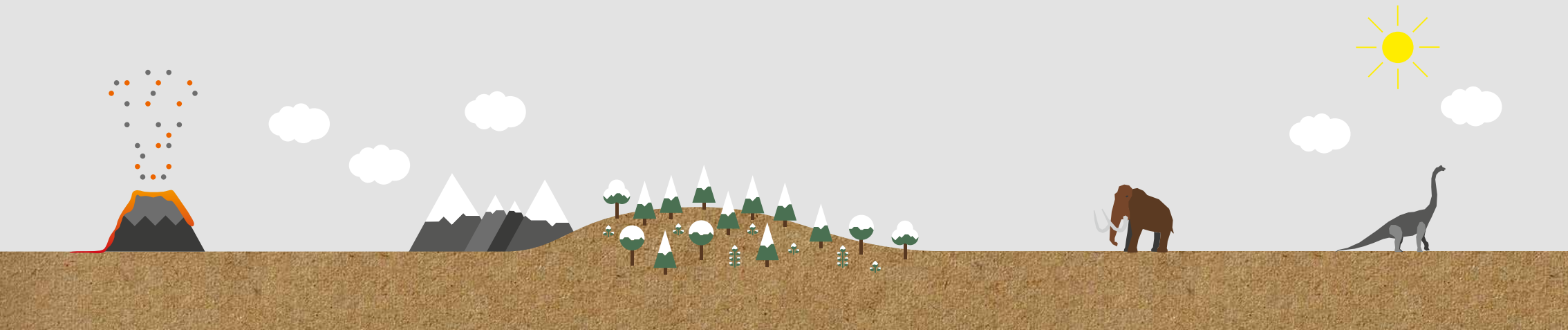
ΦΥΣΙΚΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ — 12/13

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ ΚΑΙ ΗΛΙΟΣ — 14/15

ΝΕΦΗ — 16/17

ΩΚΕΑΝΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ — 18/19

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ — 20/21

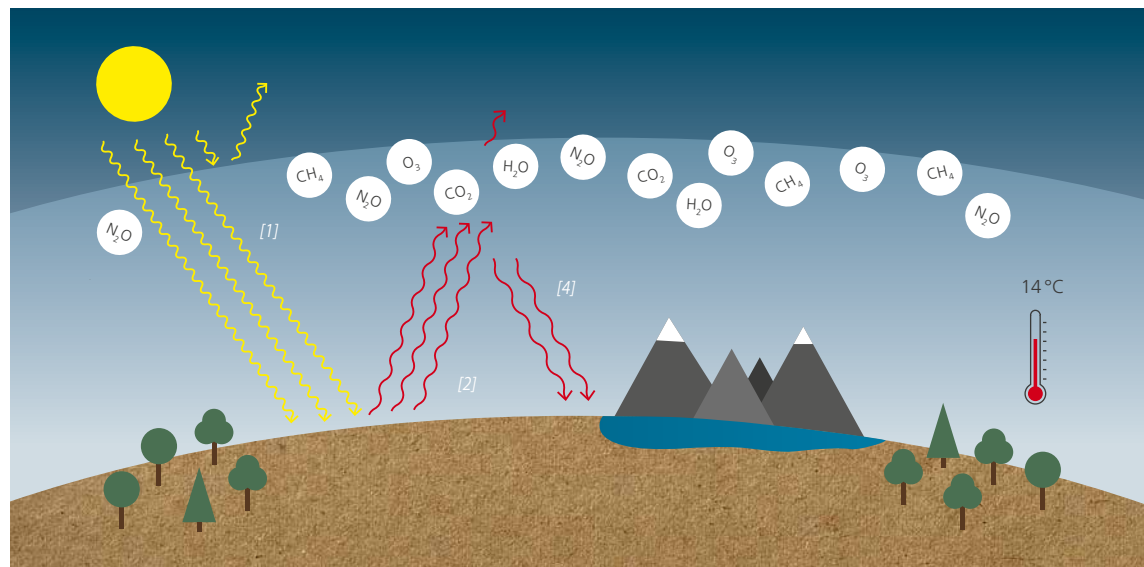
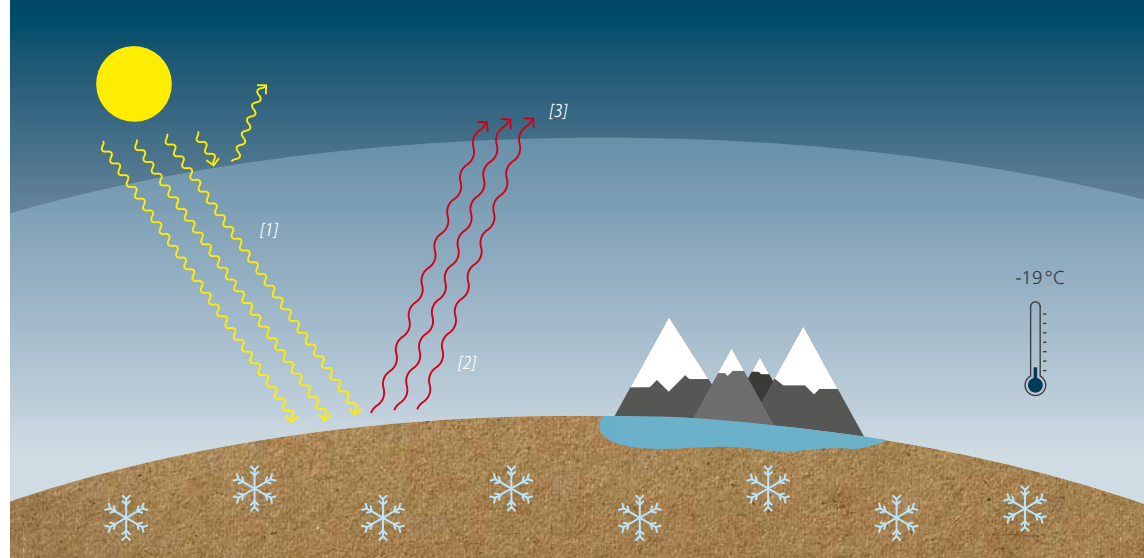


ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

## ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το μεγαλύτερο μέρος από τις ακτίνες του ήλιου διαπερνά την ατμόσφαιρα της Γης και φτάνει στην επιφάνειά της [1]. Αυτές οι ακτίνες απορροφώνται από τη Γη και κατόπιν επανεκπέμπονται ως θερμική ακτινοβολία ή θερμότητα [2].<sup>1</sup> Αν δεν υπήρχαν ορισμένα αέρια στην ατμόσφαιρα της Γης, όπως οι υδρατμοί (H<sub>2</sub>O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το όζον (O<sub>3</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) και το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), αυτή η θερμική ακτινοβολία θα διέφευγε στο διάστημα [3],<sup>2</sup> οπότε το κλίμα θα ήταν κατά 33°C περίπου ψυχρότερο και θα πάγωνε ολόκληρος ο πλανήτης.<sup>3,4</sup>

Όμως, αυτά τα αέρια εμποδίζουν την απευθείας διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα της Γης.<sup>5</sup> Απορροφούν ένα μεγάλο μέρος της και κατόπιν το διαχέουν προς όλες τις κατευθύνσεις – άρα και προς το έδαφος [4].<sup>4</sup> Με αυτό τον τρόπο θερμαίνονται και πάλι τόσο τα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας όσο και η επιφάνεια της Γης.<sup>6</sup> Αυτή η διαδικασία φυσικής θέρμανσης είναι γνωστή ως το «φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου».<sup>2</sup> Τα αέρια που ευθύνονται γι' αυτήν λέγονται «φυσικά αέρια του θερμοκηπίου» και βοηθούν να διατηρείται η μέση θερμοκρασία του πλανήτη γύρω στους 14°C.<sup>7</sup>



## ΦΥΣΙΚΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η γήινη ατμόσφαιρα, εκτός από υδρατμούς, αποτελείται κυρίως από άζωτο και οξυγόνο [1].<sup>1</sup>

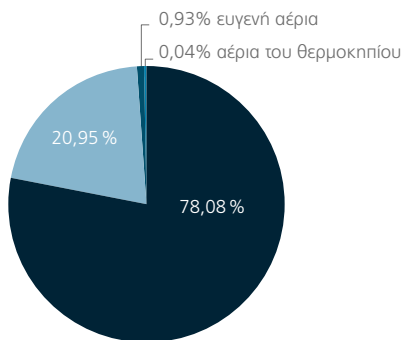
Η συγκέντρωση φυσικών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα είναι πάρα πολύ χαμηλή, μόλις 0,04% αθροιστικά για το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το όζον (O<sub>3</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) και το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>).<sup>2</sup>

Οι υδρατμοί (H<sub>2</sub>O) αποτελούν κατά μέσο όρο γύρω στο 0,25%.<sup>3</sup>

Παρά τις χαμηλές συγκεντρώσεις τους, τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου έχουν καθοριστική επίδραση στο κλίμα. Σε αντίθεση με το οξυγόνο και το άζωτο, μπορούν να απορροφήσουν τη θερμική ακτινοβολία και έτσι να την εμποδίσουν να διαφύγει από τη Γη απευθείας στο διάστημα (σελ. 10).<sup>4</sup> Χωρίς αυτά τα αέρια, το κλίμα θα ήταν κατά 33°C ψυχρότερο [2] και η ζωή στη Γη θα ήταν αδύνατη.<sup>5,6</sup>

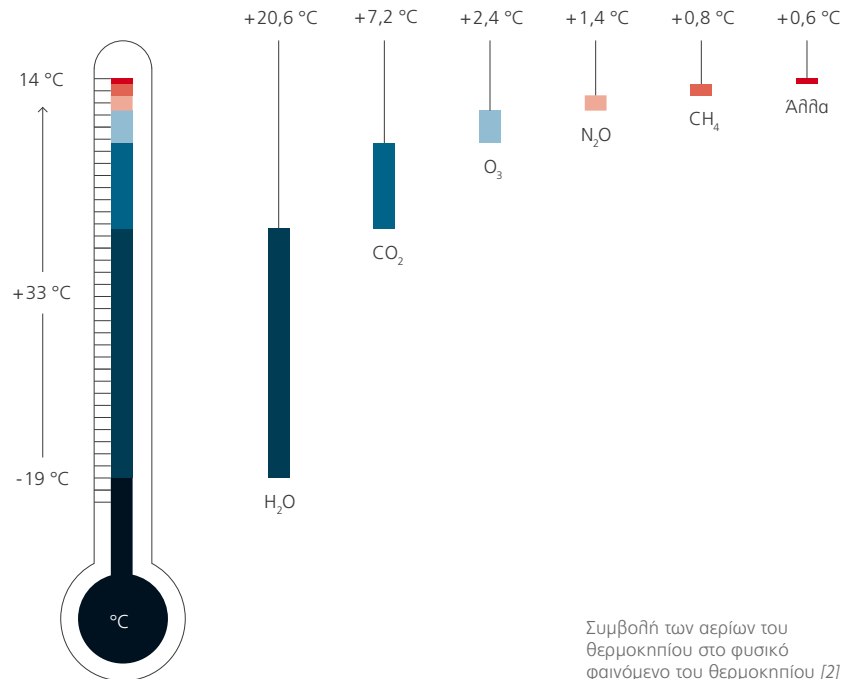
Πριν από την έναρξη της βιομηχανικής εποχής, η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια κυμαινόταν γύρω στους +14°C.<sup>7</sup>

[1]



■ Άζωτο    ■ Ευγενή αέρια  
■ Οξυγόνο    ■ Αέρια του θερμοκηπίου

Περιεκτικότητα της γήινης ατμόσφαιρας σε αέρια εκτός των υδρατμών<sup>1</sup>



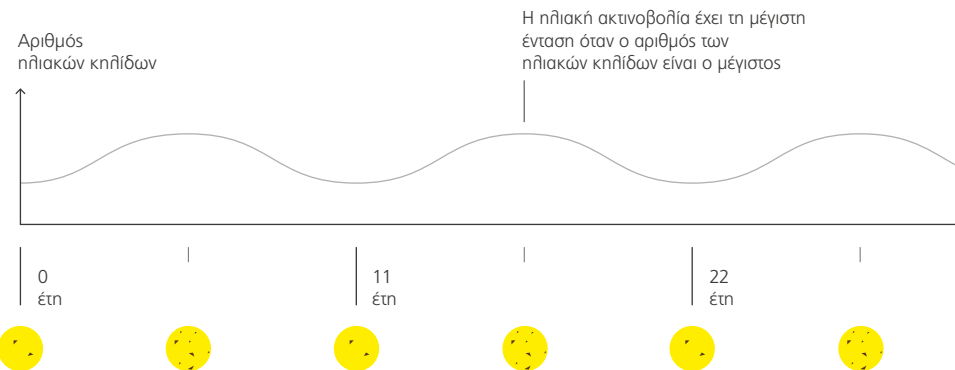
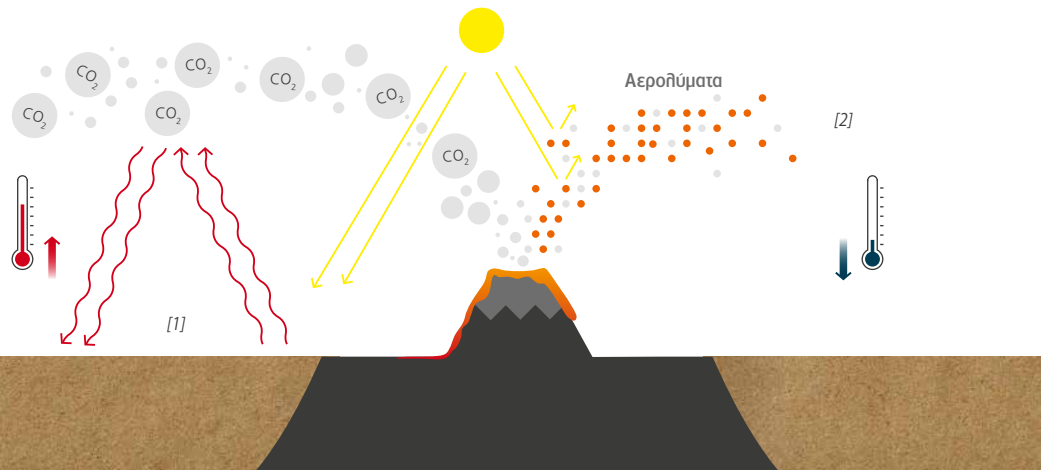
Συμβολή των αερίων του θερμοκηπίου στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου [2]



## ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ ΚΑΙ ΗΛΙΟΣ

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις μπορούν να αλλιάξουν το κλίμα, κάνοντάς το είτε θερμότερο είτε ψυχρότερο. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το οποίο επιτείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου (σελ. 10), επηρεάζοντας το κλίμα για εκατοντάδες ή ακόμα και εκατομμύρια χρόνια [1].<sup>1,2</sup> Με τις

ηφαιστειακές εκρήξεις εκτοξεύονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα αέρια και σωματίδια, σχηματίζοντας αερολύματα (σελ. 28). Αυτά τα αερολύματα διαχέουν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα [2],<sup>3</sup> κάνοντας το κλίμα ψυχρότερο για αρκετά χρόνια μετά την έκρηξη.<sup>2,4</sup>



Ο 11ετής κύκλος των ηλιακών κηλίδων

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη ζωή στη Γη. Η ηλιακή δραστηριότητα έχει συμβάλει εν μέρει σε σημαντικές αλλαγές του κλίματος που έχουν συμβεί στο παρελθόν.<sup>1,2</sup> Ένας δείκτης με τον οποίο μπορούμε να μετρήσουμε την ηλιακή δραστηριότητα – δηλαδή την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας – είναι η παρουσία σκοτεινών κηλίδων στην επιφάνεια του ήλιου, οι οποίες είναι γνωστές ως ηλιακές κηλίδες.<sup>2,3</sup> Ο αριθμός τους ποικίλλει στη διάρκεια ενός 11ετούς κύκλου –

του κύκλου των ηλιακών κηλίδων.<sup>4,5</sup> Στην κορύφωση του κύκλου, η οποία ονομάζεται «ηλιακό μέγιστο», παρατηρούνται όχι μόνο περισσότερες ηλιακές κηλίδες, αλλά και πολλές ηλιακές εκλάμψεις που συνδέονται με αυξημένη ηλιακή δραστηριότητα.<sup>6</sup> Στη διάρκεια του κύκλου των ηλιακών κηλίδων, η ηλιακή δραστηριότητα παρουσιάζει περιοδικές αυξομειώσεις, οι οποίες επηρεάζουν τις θερμοκρασίες στον πλανήτη συνολικά και σε τοπικό επίπεδο.<sup>7-10</sup>

## ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

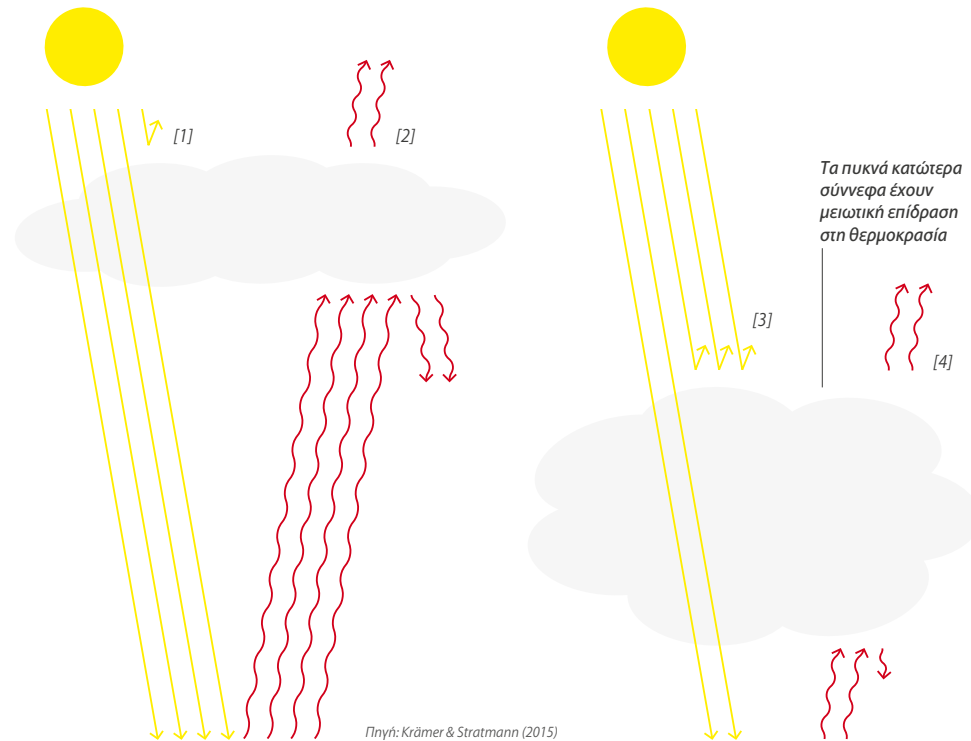
# ΝΕΦΗ

Τα νέφη αντανακλούν το ηλιακό φως, με αποτέλεσμα να φτάνει λιγότερη ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης, η οποία έτσι θερμαίνεται λιγότερο. Επίσης, τα νέφη απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει η επιφάνεια της Γης και στη συνέχεια τη διαχέουν προς όλες τις κατευθύνσεις. Έτσι, ένα μέρος αυτής της ενέργειας συγκρατείται στο σύστημα της Γης (που αποτελείται από την ξηρά, τη θάλασσα, τον αέρα και τους έμβιους οργανισμούς του πλανήτη).

Τα ανώτερα νέφη, που ονομάζονται θύσανοι (cirrus) και είναι συνήθως πιο αραιά, παρέχουν στη Γη μερική μόνο προστασία από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία [1]. Επειδή αποτελούνται από παγοκρυστάλλους, είναι πολύ

ψυχρά και εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα προς το διάστημα [2], με αποτέλεσμα γενικώς να αυξάνουν τη θερμοκρασία. Αντίθετα τα κατώτερα νέφη, που είναι κατά κανόνα πολύ πιο πυκνά, μειώνουν τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη, επειδή αντανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας πίσω στο διάστημα [3]. Επίσης, αυτά τα νέφη έχουν σχεδόν την ίδια θερμοκρασία με την επιφάνεια της Γης και έτσι όση θερμότητα εκπέμπει το έδαφος, τόση διαχέουν στο διάστημα [4].<sup>1,2</sup>

→ Υπό τις σημερινές συνθήκες, τα νέφη συνολικά συμβάλλουν σε μείωση της θερμοκρασίας του πλανήτη.<sup>3</sup>

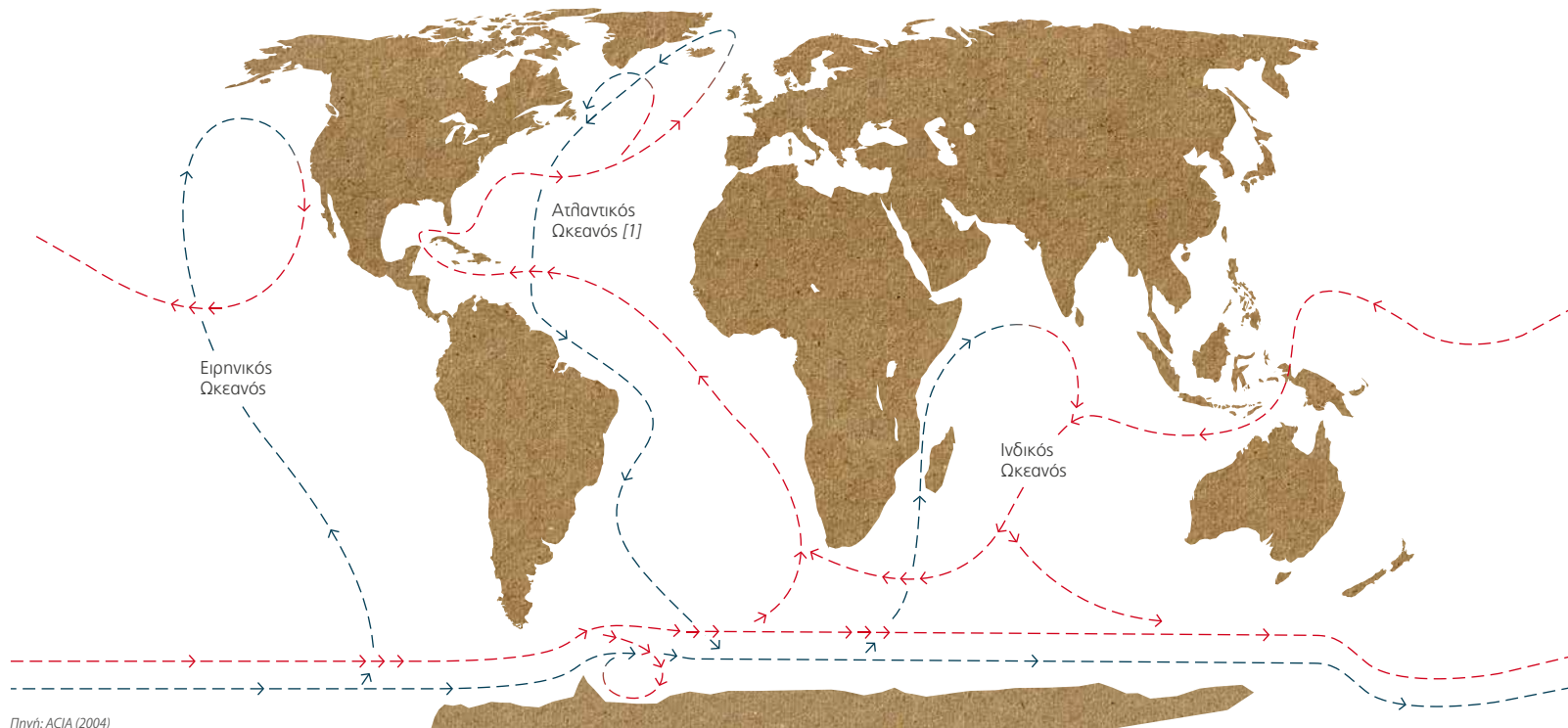


## ΩΚΕΑΝΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ: Ο ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΟΣ ΙΜΑΝΤΑΣ

Το περίπλοκο σύστημα θαλάσσιων ρευμάτων που συνδέει όλους τους ωκεανούς της Γης περιγράφεται απλουστευτικά σαν ένας παγκόσμιος μεταφορικός ιμάντας (θερμοαλατική κυκλοφορία).<sup>1,2</sup> Αυτός δημιουργείται από τους επιφανειακούς ανέμους, την ανάμειξη υδάτινων μαζών (π.χ. λόγω της παλίρροιας) και τις διαφορές στην πυκνότητα του νερού (που οφείλονται στη διαφορετική θερμοκρασία και περιεκτικότητα σε αλάτι).<sup>3</sup> Ο «ιμάντας» μεταφέρει μεγάλες ποσότητες θερμότητας, που έχουν σημαντική επίδραση στο κλίμα.<sup>4,5</sup>

Για παράδειγμα, αν κατέρρεε το ατλαντικό τμήμα του «παγκόσμιου μεταφορικού ιμάντα» [1], η θερμοκρασία του αέρα στο βόρειο ημισφαίριο θα μειωνόταν. Η μείωση θα ήταν 1-2°C κατά μέσο όρο, ενώ στις βόρειες περιοχές του Ατλαντικού θα έφτανε μέχρι και τους 8°C.<sup>6</sup>

- θερμά επιφανειακά ρεύματα
- ψυχρά ρεύματα σε μεγαλύτερο βάθος



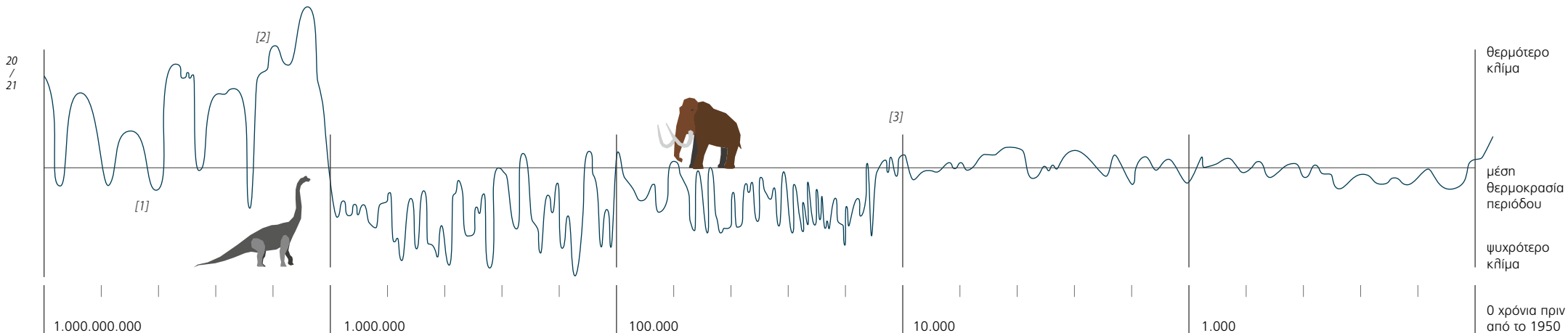
## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ

Πολλές φορές στην ιστορία της Γης το κλίμα έχει υποστεί μεταβολές, που πάντοτε συνοδεύονταν από ακραία κλιματικά φαινόμενα. Ένα παράδειγμα είναι η παγετώδης περίοδος Sturt, που προκλήθηκε πριν από περίπου 700 εκατομμύρια χρόνια από τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη χαμηλή συγκέντρωση

διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα [1]. Η ανάδραση πάγου-λειαυγείας (σελ. 54) επέτεινε την πτώση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα μεγάλα τμήματα της επιφάνειας της Γης να παγώσουν και ο πλανήτης μας να μετατραπεί σε μια τεράστια μπάλα από χιόνι.<sup>1</sup>

Πριν από περίπου 250 εκατομμύρια χρόνια εκλύθηκαν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και μεθανίου (CH<sub>4</sub>) [2],<sup>2</sup> ενισχύοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλώντας απότομη άνοδο της θερμοκρασίας. Παράλληλα, οι ωκεανοί έγιναν πιο όξινοι, επειδή

απορρόφησαν ένα μέρος αυτού του CO<sub>2</sub> (σελ. 70).<sup>3,4,5</sup> Περίπου το 90% όλων των ειδών που ζούσαν στη Γη εκείνη την εποχή αφανίστηκε.<sup>6</sup> Τα τελευταία 11.500 χρόνια το κλίμα της Γης ήταν σχετικά σταθερό [3], επιτρέποντας την ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού.<sup>7</sup>



Σχηματική απεικόνιση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια του εδάφους στο βόρειο ημισφαίριο

Σημείωση: η χρονική κλίμακα είναι γραμμική εντός κάθε περιόδου

## ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

*Η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους έχει αυξηθεί τα τελευταία 150 χρόνια.<sup>1</sup>*

*Εκτός από την ανθρώπινη δραστηριότητα, ο ήλιος και άλλοι παράγοντες προβάλλονται συχνά ως πιθανές αιτίες γι' αυτή την εξέλιξη.*

22  
/  
23

**ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ** — 24/25

**ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ** — 26/27

**ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ** — 28/29

**ΗΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ** — 30/31

**ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ** — 32/33

**ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ** — 34/35

**ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ  
ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ** — 36/37

**ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ** — 38/39

**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ** — 40/41

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ** — 42/43

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ** — 44/45

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΝΑ ΧΩΡΑ** — 46/47

**ΑΛΛΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΟΥΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ** — 48/49

ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

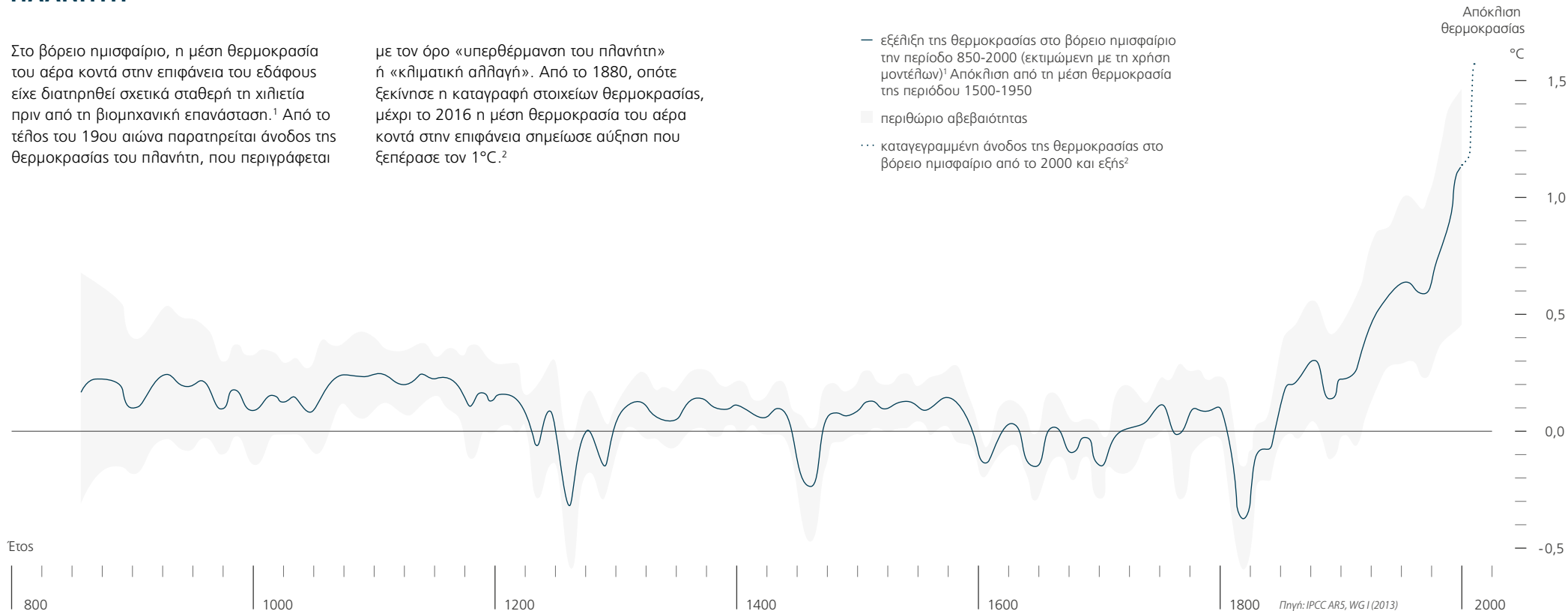
## ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

Στο βόρειο ημισφαίριο, η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους είχε διατηρηθεί σχετικά σταθερή τη χιλιετία πριν από τη βιομηχανική επανάσταση.<sup>1</sup> Από το τέλος του 19ου αιώνα παρατηρείται άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη, που περιγράφεται

με τον όρο «υπερθέρμανση του πλανήτη» ή «κλιματική αλλαγή». Από το 1880, οπότε ξεκίνησε η καταγραφή στοιχείων θερμοκρασίας, μέχρι το 2016 η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια σημείωσε αύξηση που ξεπέρασε τον 1°C.<sup>2</sup>

- εξέλιξη της θερμοκρασίας στο βόρειο ημισφαίριο την περίοδο 850-2000 (εκτιμώμενη με τη χρήση μοντέλων)<sup>1</sup> Απόκλιση από τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1500-1950
- περιθώριο αβεβαιότητας
- καταγεγραμμένη άνοδος της θερμοκρασίας στο βόρειο ημισφαίριο από το 2000 και εξής<sup>2</sup>

24  
/  
25



ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

## ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΣΤΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

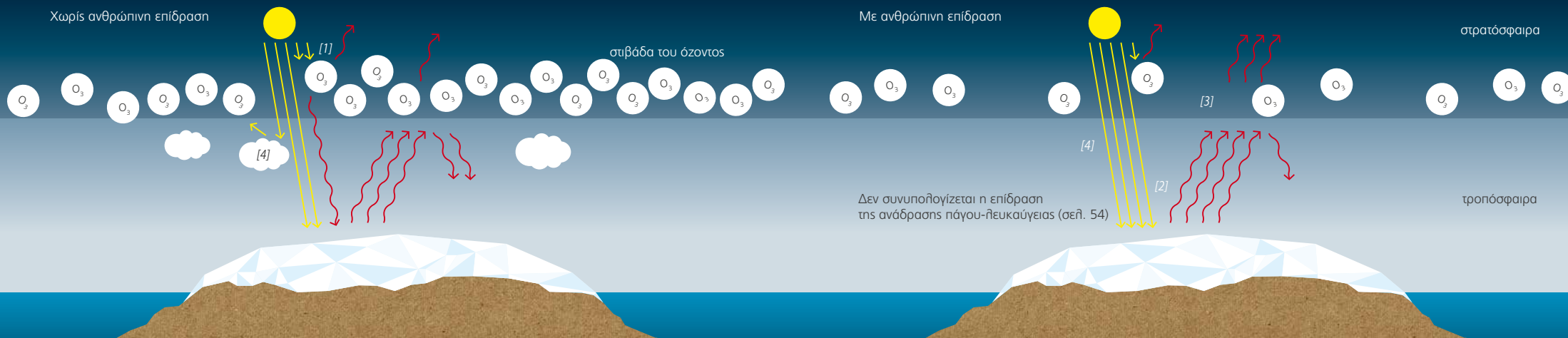
Η στιβάδα του όζοντος στη στρατόσφαιρα απορροφά ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας [1], προστατεύοντας έτσι τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία (UV C και UV B) του ήλιου.<sup>1,2</sup> Τα τελευταία 60 χρόνια αυτή η στιβάδα έχει γίνει πιο λεπτή, στην περιοχή της Ανταρκτικής μάλιστα το πάχος της έχει μειωθεί κατά 50% ή και παραπάνω.<sup>3</sup> Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται «τρύπα του όζοντος».<sup>4</sup> Οφείλεται στην απελευθέρωση χλωροφθορανθράκων

(CFC) από ανθρώπινες δραστηριότητες.<sup>5</sup> Οι χλωροφθοράνθρακες είναι πτητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά στα ψυγεία και τα κλιματιστικά. Δεν απαντώνται φυσικά στην ατμόσφαιρα της Γης αλλά, μόλις απελευθερωθούν, δρουν ως αέρια του θερμοκηπίου.<sup>6,7</sup> Με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το 1987, 46 χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές CFC και άλλων ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.<sup>8</sup>

Έτσι, οι εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον μειώθηκαν από τη δεκαετία του '90 και πιθανώς η στιβάδα του όζοντος θα αποκατασταθεί πριν από το τέλος του αιώνα μας.<sup>9</sup> Όταν η στιβάδα του όζοντος γίνεται πιο λεπτή [2], στην επιφάνεια της Γης φτάνει περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, παράλληλα όμως εξασθενεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου [3]. Η μειωτική επίδραση στη θερμοκρασία είναι λίγο εντονότερη από την αυξητική.<sup>10</sup> Όμως, σ' αυτό δεν συνοπολογίζεται η συμβολή των ίδιων των χλωροφθορανθράκων

στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, ούτε άλλες έμμεσες συνέπειες από την καταστροφή του όζοντος: για παράδειγμα, επηρεάζεται αρνητικά η διαδικασία σχηματισμού νεφών (νεφογένεση) [4] και προκαλούνται μεταβολές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία (άνεμοι).<sup>10,11</sup>

Το αν η καταστροφή του όζοντος συνολικά οδηγεί σε αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από αυτές τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις και γι' αυτό είναι αβέβαιο.<sup>9</sup>



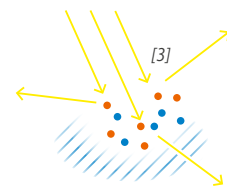
## ΑΕΡΟΛΥΜΑΤΑ

Τα αερολύματα αποτελούνται από αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται μέσα σε ένα αέριο (συνήθως τον ατμοσφαιρικό αέρα).<sup>1</sup> Σχηματίζονται είτε όταν τα σωματίδια εκλύονται απευθείας μέσα στο αέριο (πρωτογενή αερολύματα) είτε όταν τα αέρια της ατμόσφαιρας μετατρέπονται σε στερεά ή υγρά σωματίδια (δευτερογενή αερολύματα).<sup>2</sup> Το μέγεθος των σωματιδίων κυμαίνεται από λίγα μόλις νανόμετρα (nm, ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου) έως αρκετές δεκάδες μικρόμετρα (μm, ένα εκατομμυριοστό του μέτρου): μέχρι και 100.000 φορές μικρότερο από τη διάμετρο μιας ανθρώπινης τρίχας.<sup>2,3</sup> Αερολύματα μπορούν να σχηματιστούν με φυσικές διαδικασίες, π.χ. όταν θαλασσινό αλάτι ή σκόνη της ερήμου με την επίδραση των ανέμων διαχέονται στον αέρα, όταν ηφαιστειακές εκρήξεις εκπέμπουν σύννεφα τέφρας ή όταν κάποια φυτά απελευθερώνουν αερομεταφερόμενα οργανικά σωματίδια (σπόρια μυκήτων κ.λπ.) [1].<sup>4-7</sup> Σημαντικό ποσοστό αερολυμάτων προκαλείται

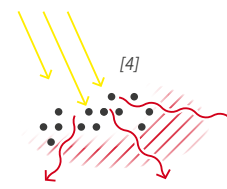
από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως αποψίλωση δασών με καύση, ορισμένες βιομηχανικές διεργασίες, κυκλοφορία οχημάτων κ.λπ. [2].<sup>8-11</sup>

Τα αερολύματα επηρεάζουν το κλίμα επειδή κατ' αρχήν αντανακλούν το ηλιακό φως, περιορίζοντας έτσι την ποσότητα ενέργειας και θερμότητας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης [3]. Ταυτόχρονα, ορισμένα αερολύματα όπως η αιθάλη απορροφούν επίσης ηλιακή ακτινοβολία και τη διαχέουν στο περιβάλλον τους, αυξάνοντας τη θερμοκρασία [4]. Εκτός αυτού, τα αερολύματα επηρεάζουν τη νεφογένεση και μεταβάλλουν την ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλούν τα νέφη [5].<sup>8</sup>

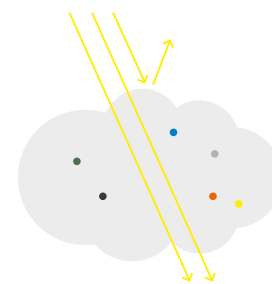
Τα ανθρωπογενή αερολύματα ρυπαίνουν τον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά συνολικά συμβάλλουν σε ψυχρότερο κλίμα και με αυτό τον τρόπο αμβλύνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη.<sup>12,13</sup>



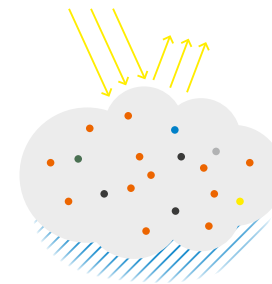
Η διάχυση της ακτινοβολίας μειώνει τη θερμοκρασία



Η απορρόφηση της ακτινοβολίας αυξάνει τη θερμοκρασία

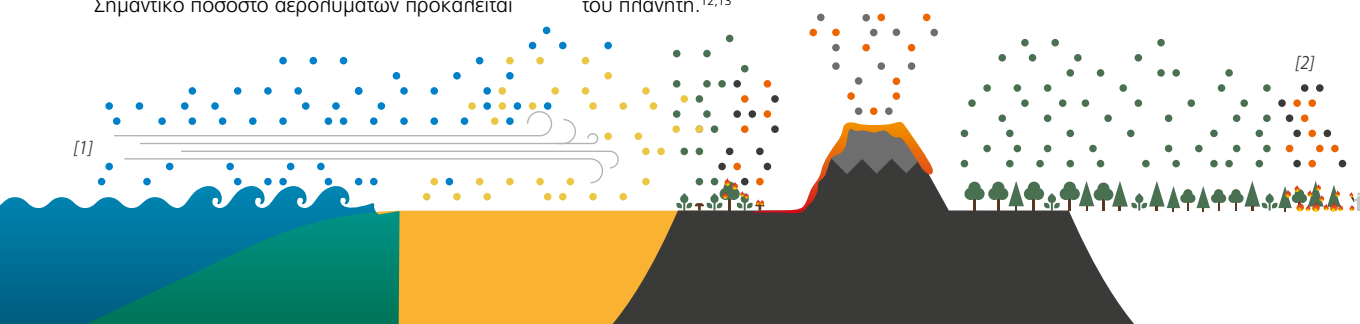


[5]



Τα αερολύματα ενισχύουν την ανακλαστικότητα των νεφών και έτσι μειώνουν τη θερμοκρασία

Πηγή: IPCC AR5, WG I (2013)



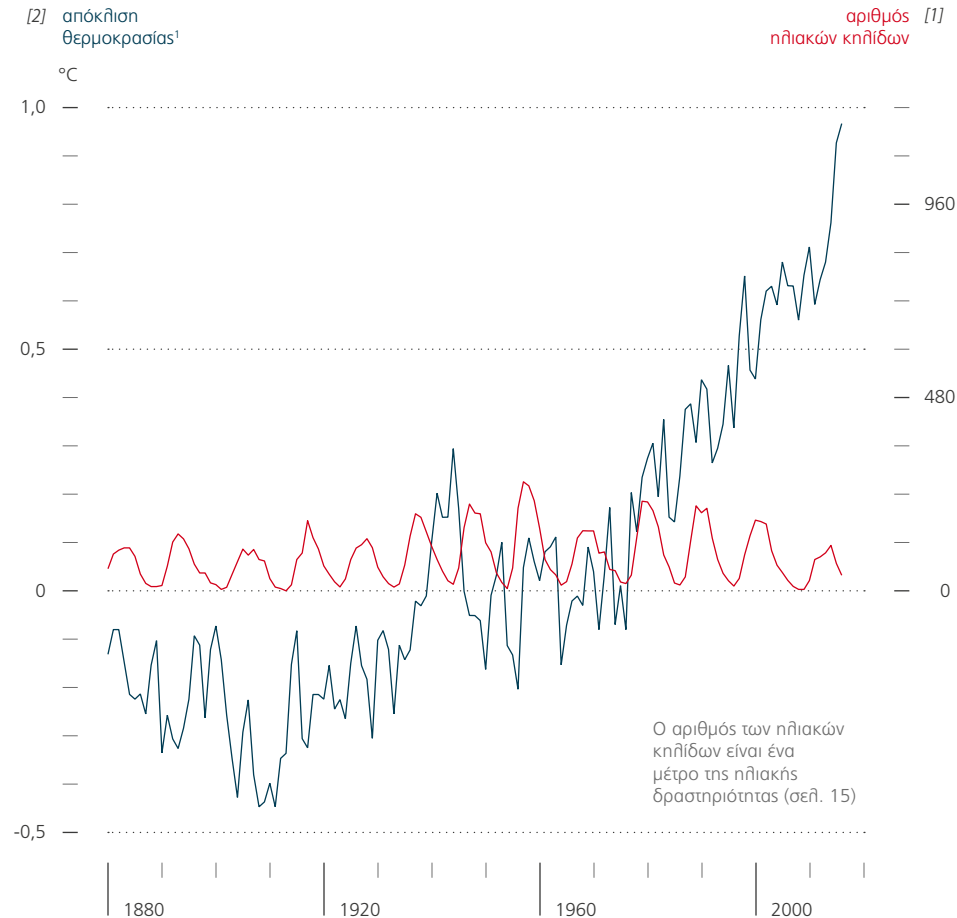


## ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΗΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Όπως βλέπουμε στο γράφημα δεξιά [1], δεν υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ της ηλιακής δραστηριότητας και της σημαντικής ανόδου της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια [2] την περίοδο 1880-2016.<sup>1,2</sup> Πιστεύεται ότι η ηλιακή δραστηριότητα ευθύνεται μόλις για το 10% της ανόδου της θερμοκρασίας από το 1905 έως το 2005.<sup>3</sup> Συνεπώς η συμβολή της στην υπερθέρμανση του πλανήτη είναι σχετικά μικρή.<sup>4</sup> Και μάλιστα, από τη δεκαετία

του '80 και μετά παρατηρείται μείωση της ηλιακής δραστηριότητας, ενώ η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια εξακολουθεί να αυξάνεται.<sup>3,5</sup>

→ Άρα η σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή δεν μπορεί να αποδοθεί στην ηλιακή δραστηριότητα.



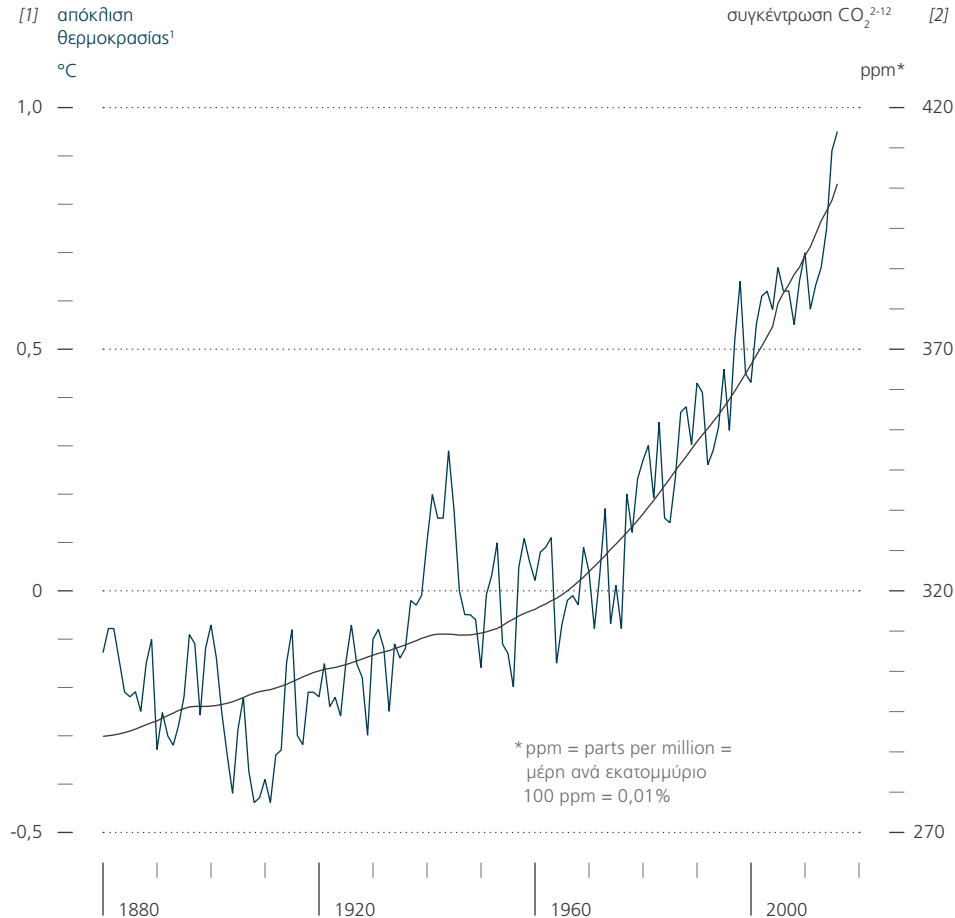
ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

## ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Από την αρχή της βιομηχανικής εποχής και μετά παρατηρείται αύξηση όχι μόνο της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια [1], αλλά και της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) [2] και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στη γήινη ατμόσφαιρα.<sup>1-12</sup> Αιτία αυτών των εξελίξεων είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα, ιδίως η χρήση ορυκτών καυσίμων.<sup>13</sup> Τα αέρια που απελευθερώνονται λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας ονομάζονται «ανθρωπογενή αέρια του θερμοκηπίου» (σελ. 38) γιατί, όπως και τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου, εμποδίζουν τη θερμική ακτινοβολία να διαφύγει από τη Γη προς το διάστημα (σελ. 10).<sup>14,15</sup>

Εξαιτίας αυτών των ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου, η επιφάνεια της Γης απορροφά περισσότερη θερμική ακτινοβολία απ' ό,τι θα απορροφούσε κανονικά. Αυτό έχει συμβάλει στην άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης τα τελευταία 150 χρόνια.<sup>16,17</sup>

→ Η άνοδος της θερμοκρασίας – από την αρχή της εκβιομηχάνισης μέχρι σήμερα – είναι γνωστή ως «ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή».<sup>18</sup>

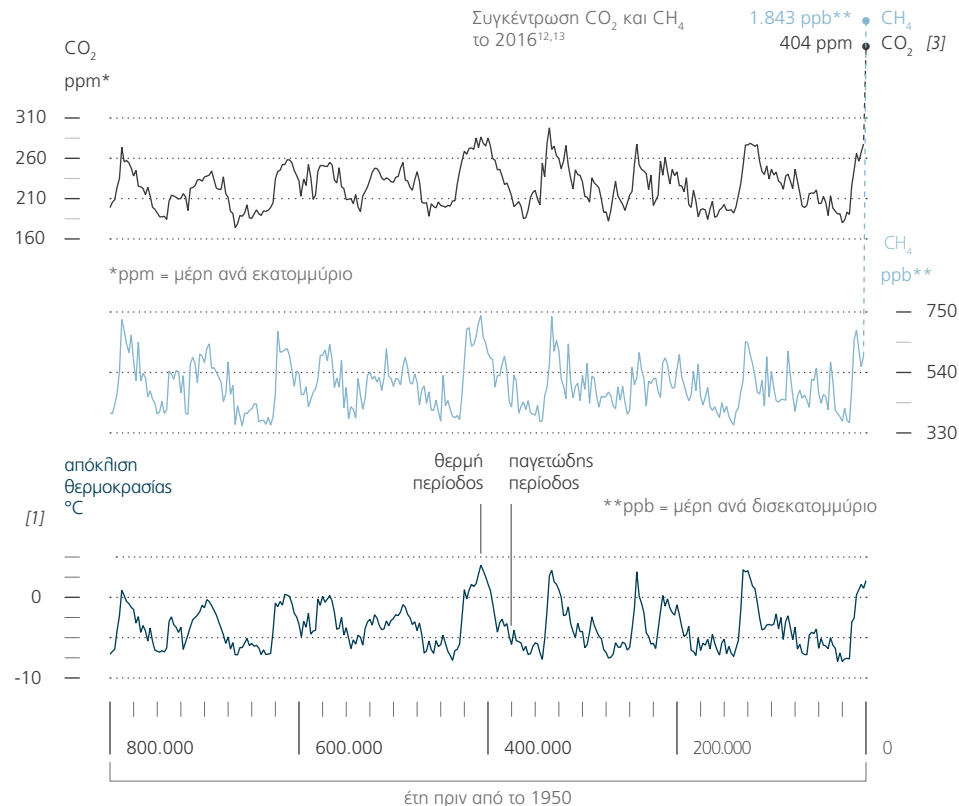


## ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα δείγματα πυρήνων πάγου μάς επιτρέπουν να αναπαραστήσουμε τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν.<sup>1</sup> Οι πυρήνες πάγου είναι κυλινδρικά δείγματα που εξάγονται με τρυπάνι από φύλλα πάγου σε μεγάλο βάθος.<sup>2</sup> Αναλύοντας τα αέρια και τα στερεά που βρίσκονται εγκλωβισμένα στις διάφορες στιβάδες του πάγου, οι επιστήμονες μπορούν να αντιλήθουν συμπεράσματα σχετικά με τις θερμοκρασίες, τη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου και τις ηφαιστειακές εκρήξεις σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους.<sup>3,4</sup>

Το γράφημα δεξιά δείχνει ότι τα τελευταία 800.000 χρόνια εναλλάσσονται διαρκώς παγετώδεις περίοδοι με θερμές (μεσοπαγετώδεις) περιόδους [1]. Ενώ οι φυσικές μεταβολές του κλίματος μπορεί να οφείλονται σε ποικίλες αιτίες (π.χ. μετατόπιση της τροχιάς και του άξονα περιστροφής της Γης), υπάρχει σαφής συσχέτιση ανάμεσα στη θερμοκρασία και την παρουσία ορισμένων αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) [2].<sup>5-8</sup> Επιπλέον, πρόσφατες μελέτες επιβεβαιώνουν ότι οι μεταβολές της θερμοκρασίας εξελίσσονται παράλληλα με τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου τα τελευταία 20.000 χρόνια, συνεπώς υπάρχει αμοιβαία επίδραση μεταξύ των δύο.<sup>9,10</sup> Είναι επίσης σαφές ότι οι σημερινές συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου είναι οι υψηλότερες που έχουν υπάρξει τα τελευταία 800.000 χρόνια [3].<sup>11,12</sup>



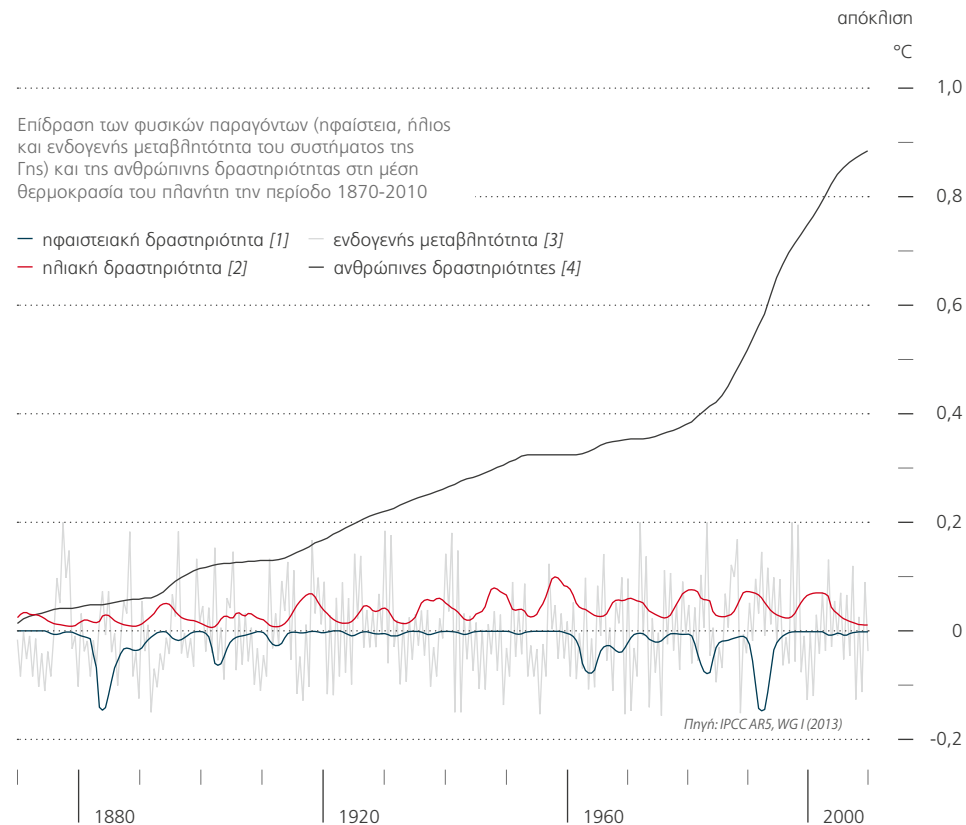
[2] Οι θερμοκρασίες στην Ανταρκτική και οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου τα τελευταία 800.000 χρόνια εξελίσσονται (σχεδόν) παράλληλα<sup>5,6,7</sup>

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

Πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει τη συμβολή των φυσικών παραγόντων (όπως η ηλιακή ακτινοβολία και τα ηφαίστεια) και της ανθρώπινης δραστηριότητας στην υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>1-7</sup> Το συμπέρασμα είναι ότι η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη από την έναρξη της εκβιομηχάνισης μέχρι σήμερα δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο στους φυσικούς παράγοντες, αλλά προφανώς ευθύνεται και η ανθρώπινη δραστηριότητα.

Από το 1870 μέχρι το 2010, η μέση θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης πολλές φορές μειώθηκε βραχυχρόνια, λόγω ηφαιστειακών εκρήξεων (σελ. 14) [1].<sup>8</sup> Την ίδια περίοδο, οι διακυμάνσεις της ηλιακής δραστηριότητας (σελ. 30) είχαν μικρή μόνο επίδραση στο κλίμα [2].<sup>9</sup> Άλλες σχετικά βραχυχρόνιες μεταβολές της θερμοκρασίας μπορούν να εξηγηθούν από την «ενδογενή μεταβλητότητα» του συστήματος της Γης [3],<sup>10,11</sup> που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την αλληλεπίδραση μεταξύ ωκεάνιας και ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (άνεμοι). Αυτές οι φυσικές διακυμάνσεις συμβαίνουν ανεξάρτητα από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει η Γη. Όπως δείχνει το γράφημα, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) εκτιμά ότι η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,7°C από το 1951 έως το 2010 είναι κυρίως ανθρωπογενής [4].<sup>12</sup> Αντίθετα, η συμβολή των φυσικών παραγόντων στην αύξηση της θερμοκρασίας εκτιμάται μόλις σε ±0,1°C.<sup>12</sup>

→ Δικαίως λοιπόν μιλάμε για ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή.<sup>13</sup>



## ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Τα αέρια του θερμοκηπίου που εκλύονται ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας ονομάζονται «ανθρωπογενή αέρια του θερμοκηπίου». Το μέγεθος της συμβολής των εκπομπών CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους στη γήινη ατμόσφαιρα (ποσότητα) και το θερμοδυναμικό δυναμικό τους (επίδραση).

Το ποσοστό των αερίων του θερμοκηπίου – του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), του μεθανίου (CH<sub>4</sub>) και του υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O) – στην ατμόσφαιρα της Γης είναι ακόμα σχετικά μικρό σε σύγκριση με τα ποσοστά του οξυγόνου (21%) και του αζώτου (78%).<sup>1</sup> Ωστόσο, από την αρχή της εκβιομηχάνισης και μετά, οι συγκεντρώσεις αυτών των αερίων παρουσιάζουν ραγδαία άνοδο που οφείλεται στις αυξανόμενες εκπομπές αερίων από ανθρώπινες δραστηριότητες [1].<sup>2</sup> Όπως και τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου, τα αέρια αυτά εμποδίζουν την απευθείας διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας από τη Γη προς το διάστημα (σελ. 12) και έτσι συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας

του πλανήτη.<sup>3,4</sup> Επίσης, επηρεάζουν το κλίμα μακροχρόνια, λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους στην ατμόσφαιρα [2]. Με άλλα λόγια, χρειάζεται πολύς χρόνος για να απομακρυνθούν από την ατμόσφαιρα ή να διασπαστούν από χημικές ή φυσικές διεργασίες.<sup>5</sup>

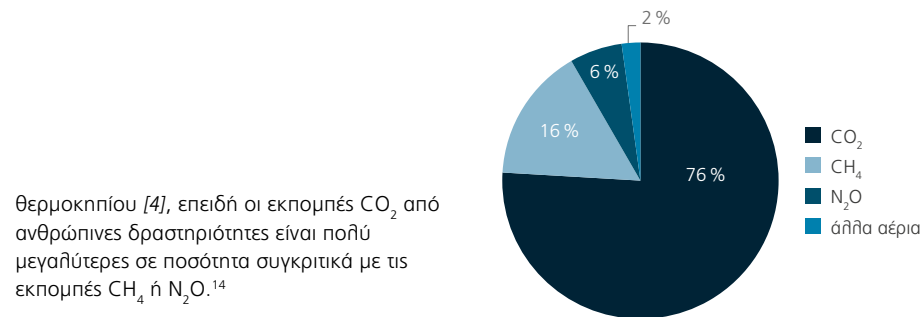
Η επίδραση ενός συγκεκριμένου αερίου του θερμοκηπίου εξαρτάται από το θερμοδυναμικό δυναμικό του (Global Warming Potential – GWP) [3],<sup>12</sup> δηλαδή έναν συντελεστή που μετρά την ικανότητα του αερίου να δεσμεύει θερμότητα στην ατμόσφαιρα της Γης σε σύγκριση με την ίδια ποσότητα CO<sub>2</sub> σε μια δεδομένη (συνήθως 100ετή) περίοδο.<sup>13</sup> Για παράδειγμα, τιμή GWP 28 για το μεθάνιο σημαίνει ότι το CH<sub>4</sub> που εκλύεται σήμερα θα έχει 28 φορές μεγαλύτερη συμβολή σε θερμότερο κλίμα τα επόμενα 100 χρόνια από ό,τι ίση ποσότητα CO<sub>2</sub>.<sup>11</sup>

Παρ' όλο που ο συντελεστής GWP του CO<sub>2</sub> είναι πολύ μικρότερος από τους αντίστοιχους για το CH<sub>4</sub> και το N<sub>2</sub>O, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> έχουν τη μεγαλύτερη συμβολή (76%) στο συνολικό ανθρωπογενές φαινόμενο του

	συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου το 1750 <sup>6</sup>	→ [1]	συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου το 2016 <sup>7,8,9</sup>	διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα (έτη) <sup>10,11</sup> [2]	
CO <sub>2</sub>	280 ppm*		404 ppm ± 0,0404 %	έως 1.000.000	[3]
CH <sub>4</sub>	722 ppb**		1842 ppb ± 0,0001842 %	12,4	
N <sub>2</sub> O	270 ppb		328 ppb ± 0,0000328 %	121	

\*ppm = μέρη ανά εκατομμύριο

\*\* ppb = μέρη ανά δισεκατομμύριο



θερμοκηπίου [4], επειδή οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι πολύ μεγαλύτερες σε ποσότητα συγκριτικά με τις εκπομπές CH<sub>4</sub> ή N<sub>2</sub>O.<sup>14</sup>

Συμβολή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου το 2010<sup>14</sup>

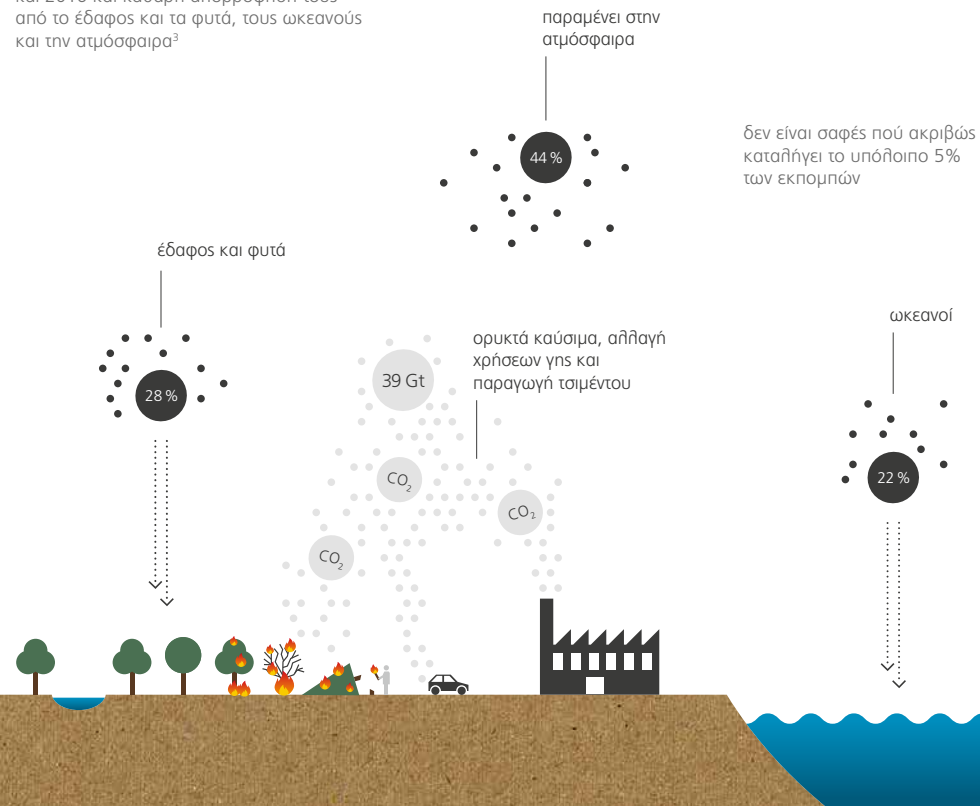
## ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

# ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

*Οι ωκεανοί, το έδαφος και τα φυτά απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα. Επίσης, απορροφούν CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα και έτσι αποτελούν μέρος του φυσικού κύκλου του άνθρακα.<sup>1,2</sup>*

Τα τελευταία δέκα χρόνια απελευθερώνονται κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα 39 γιγατόνοι (39 δισεκατομμύρια τόνοι) CO<sub>2</sub> από ανθρώπινες δραστηριότητες.<sup>3</sup> Περίπου το 28% αυτής της ποσότητας αποθηκεύεται στο έδαφος και στα φυτά, γύρω στο 22% απορροφάται από τους ωκεανούς και το υπόλοιπο (44%) παραμένει στην ατμόσφαιρα.<sup>3</sup> Το γεγονός ότι σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει προσθέσει CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει διαταράξει τον φυσικό κύκλο του άνθρακα. Μεγάλο μέρος αυτού του CO<sub>2</sub> βρισκόταν στο υπέδαφος επί εκατομμύρια χρόνια με τη μορφή γαιανθράκων, φυσικού αερίου ή αργού πετρελαίου.<sup>4</sup> Έτσι, αφενός οι ωκεανοί έχουν γίνει πιο όξινοι (σελ. 70) λόγω της απορρόφησης CO<sub>2</sub> και αφετέρου οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στη γήινη ατμόσφαιρα είναι πολύ υψηλότερες απ' ό,τι οποιαδήποτε χρονική στιγμή τα τελευταία 800.000 χρόνια (σελ. 34).<sup>5-8</sup>

Μέσες ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> από ανθρώπινες δραστηριότητες μεταξύ 2007 και 2016 και καθαρή απορρόφησή τους από το έδαφος και τα φυτά, τους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα<sup>3</sup>



## ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

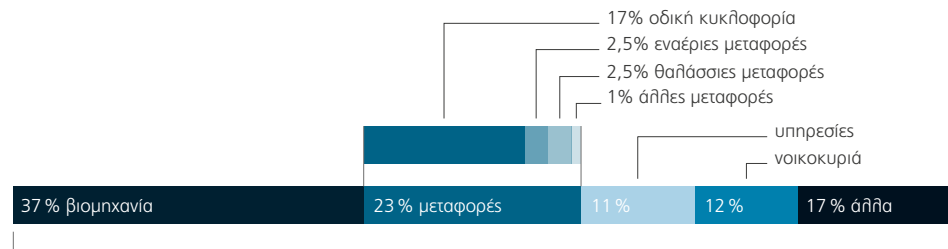
# ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το 85% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub> το 2014 προήλθε από τη χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων, πετρελαίου και φυσικού αερίου) για την παραγωγή ενέργειας, το 5% από την παραγωγή τσιμέντου και το 10% από την αλληλαγή χρήσεων γης.<sup>1</sup> Αυτό δείχνει ότι για την αυξημένη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στη γήινη ατμόσφαιρα ευθύνεται πρωτίστως η χρήση ορυκτών καυσίμων. Το γράφημα στην αριστερή σελίδα δείχνει πώς χρησιμοποιείται η ενέργεια που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.<sup>2</sup> Δείχνει επίσης ότι οι γαιάνθρακες έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής (44%) στις εκπομπές που προκαλούνται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων.<sup>1</sup>

Συμβολή των γαιανθράκων, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου στις εκπομπές από τη χρήση ορυκτών καυσίμων



Μια άλλη πηγή εκπομπών CO<sub>2</sub> είναι η αποψίλωση των δασών (δηλαδή η αλληλαγή της χρήσης γης) που πραγματοποιήθηκε στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική την προβιομηχανική εποχή, πριν από αρκετές εκατοντάδες χρόνια. Σήμερα αποψιλώνονται κυρίως τα τροπικά δάση είτε με την αλόγιστη υλοτόμηση για την παραγωγή ξυλείας είτε για να κατασκευαστούν δρόμοι, να δημιουργηθούν βοσκότοποι ή φυτείες φοινικέλαιου, μπανάνας, σόγιας και καφέ, που είναι εξαγωγίμα προϊόντα.<sup>5-9</sup> Σε συνδυασμό με διάφορα φυσικά αίτια (όπως οι πυρκαγιές), αυτό είχε ως αποτέλεσμα την περίοδο 2000-2009 να χάνεται μια δασική έκταση ίση με 35 γήπεδα ποδοσφαίρου κατά μέσο όρο το λεπτό.<sup>10,11</sup>



Εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τομέα το 2014<sup>2</sup>

Με την καύση και αποψίλωση τροπικών δασών αποδεσμεύεται, με τη μορφή CO<sub>2</sub>, ο άνθρακας (C) που βρίσκεται αποθηκευμένος στα δέντρα και τα τυρψώδη εδάφη<sup>12,13</sup>



## ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

# ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

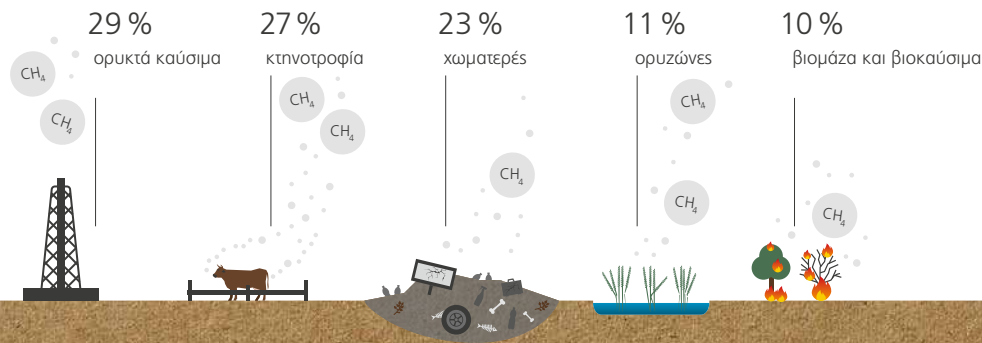
Τη δεκαετία 2000-2009, το 29% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) προήλθε από την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων.<sup>1,2,3</sup> Περίπου ίσο ποσοστό μεθανίου παράγεται από την κτηνοτροφία, κυρίως από την πέψη των μηρυκαστικών.<sup>4</sup> Άλλο ένα 25% περίπου των εκπομπών προέρχεται από την αποσύνθεση απορριμμάτων σε χώρους

υγειονομικής ταφής (χωματερές).<sup>5</sup> Παρόμοιες διαδικασίες αποσύνθεσης παρατηρούνται και όταν πλημμυρίζουν οι ορυζώνες (κατακλιζόμενα καλλιέργεια ρυζιού), οπότε πάλλι εκλύεται μεθάνιο στην ατμόσφαιρα.<sup>6</sup> Οι υπόλοιπες εκπομπές προέρχονται από την καύση βιομάζας (π.χ. δασικές πυρκαγιές) και την παραγωγή βιοκαυσίμων, π.χ. από ελαιοφάνικες.<sup>1,7</sup>

Η γεωργία έχει με διαφορά τη μεγαλύτερη συμβολή (59%) στις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου ( $\text{N}_2\text{O}$ ).<sup>1</sup> Τα γεωργικά λιπάσματα περιέχουν ενώσεις αζώτου, οι οποίες εν μέρει διασπώνται από βακτήρια που βρίσκονται στο έδαφος. Έτσι παράγεται υποξείδιο του αζώτου, που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.<sup>8</sup> Υποξείδιο του αζώτου παράγουν επίσης και τα ζώα εκτροφής με τις απεκκρίσεις τους.<sup>9</sup>

Η καύση βιομάζας και βιοκαυσίμων – όπως και η χρήση ορυκτών καυσίμων – ευθύνεται για μικρό μόνο ποσοστό (10%) των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών  $\text{N}_2\text{O}$ .<sup>1</sup> Υποξείδιο του αζώτου απελευθερώνουν και τα ποτάμια, καθώς στα νερά τους καταλήγουν ενώσεις αζώτου (που περιέχονται π.χ. στα λιύματα και τα γεωργικά λιπάσματα), όπου διασπώνται από βακτήρια.<sup>10,11</sup> Οι υπόλοιπες εκπομπές προέρχονται από άλλες πηγές, όπως τα ανθρώπινα περιττώματα.<sup>1</sup>

Ανθρωπογενείς εκπομπές μεθανίου παγκοσμίως<sup>1</sup>



Ανθρωπογενείς εκπομπές υποξειδίου του αζώτου παγκοσμίως<sup>1</sup>





ΟΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

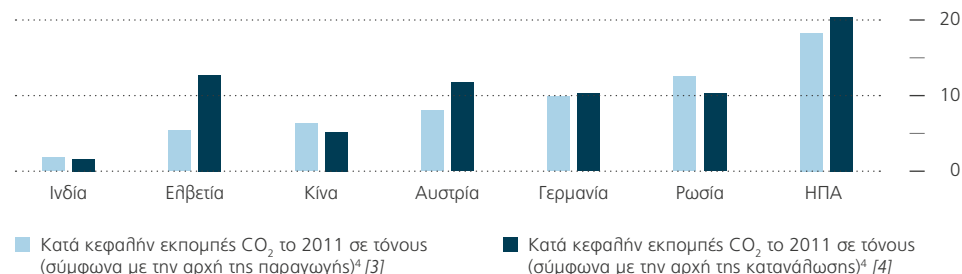
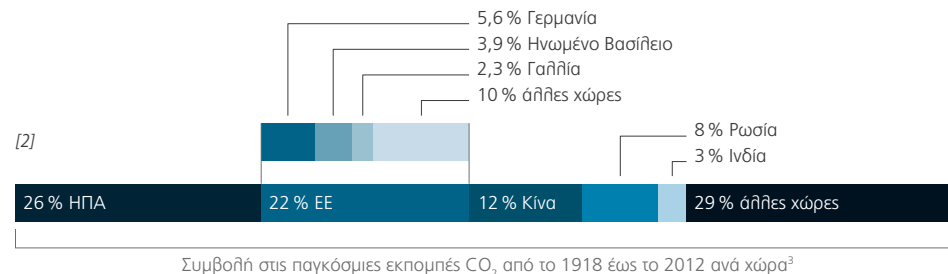
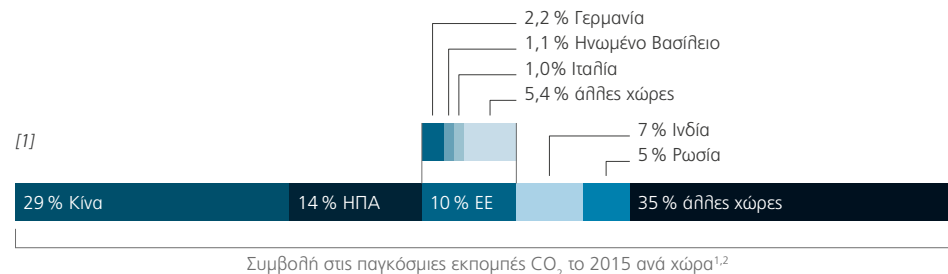
## ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΝΑ ΧΩΡΑ

Το 2015 η Κίνα ήταν με διαφορά η χώρα με το υψηλότερο ποσοστό στις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, ξεπερνώντας τις ΗΠΑ και την Ευρωπαϊκή Ένωση [1].<sup>1,2</sup>

Ωστόσο διαφορετική εικόνα προκύπτει, αν εξετάσουμε τις εκπομπές προηγούμενων ετών, οι οποίες εξακολουθούν και σήμερα να συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (σελ. 38). Την περίοδο 1918-2012, οι ΗΠΑ και η Ευρωπαϊκή Ένωση είχαν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά εκπομπών CO<sub>2</sub> απ' ό,τι η Κίνα [2].<sup>3</sup>

Συνεπώς, αυτές οι δύο περιοχές είναι κυρίως υπεύθυνες για την άνοδο της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια από την έναρξη της εκβιομηχάνισης και εξής.

Για να συγκρίνουμε τις εκπομπές διαφορετικών χωρών, διαιρούμε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> μιας χώρας με τον πληθυσμό της. Το πηλίκο είναι οι κατά κεφαλήν εκπομπές CO<sub>2</sub> [3]. Ωστόσο, οι εκπομπές που προέρχονται από τη μεταποιητική δραστηριότητα καταλογίζονται συνήθως στη χώρα όπου παράγονται τα αγαθά (σύμφωνα με την αρχή της παραγωγής). Αν οι εκπομπές καταλογιστούν στη χώρα όπου καταναλώνονται τελικά τα αγαθά (αρχή της κατανάλωσης), οι κατά κεφαλήν εκπομπές της Κίνας, της Ινδίας και της Ρωσίας μειώνονται και αντίστοιχα αυξάνονται οι εκπομπές των ευρωπαϊκών χωρών και των ΗΠΑ [4].<sup>4</sup>



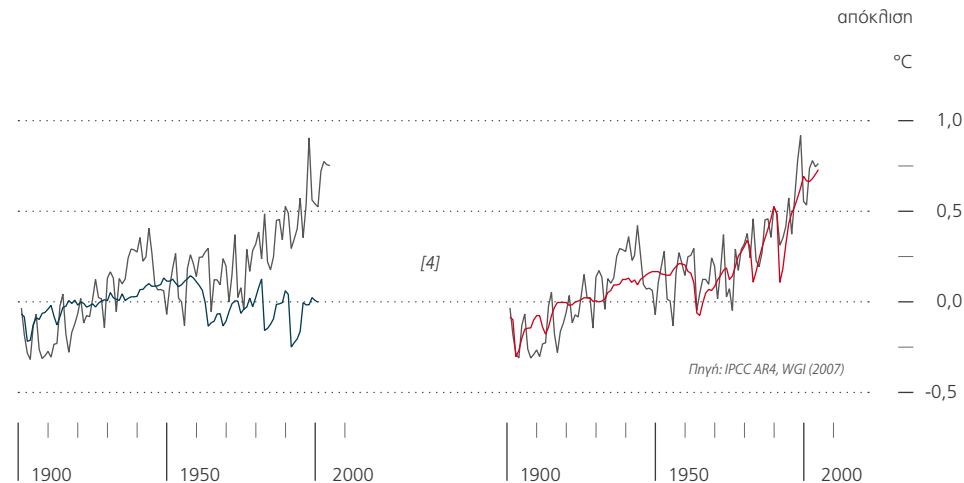
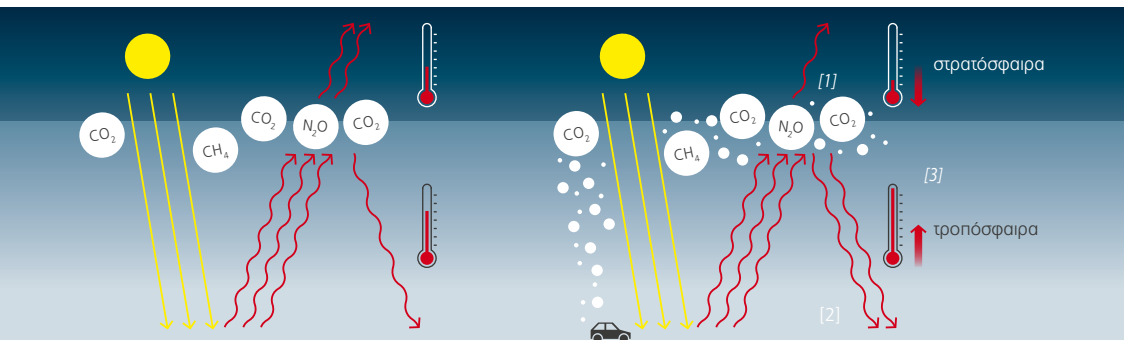
## ΑΛΛΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΟΥΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Με τη βοήθεια δορυφόρων, οι επιστήμονες μπορούν να μετρήσουν πόση θερμική ακτινοβολία αντανακλάται από την επιφάνεια της Γης στο διάστημα. Οι μετρήσεις αυτές δείχνουν ότι, από το 1970 και μετά, όλο και λιγότερη ακτινοβολία που μπορεί να απορροφηθεί από τα αέρια του θερμοκηπίου απελευθερώνεται προς το διάστημα. Αυτό συμβαίνει επειδή όσο αυξάνεται η συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην

ατμόσφαιρα, τόσο περισσότερο εμποδίζεται η απευθείας διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας [1].<sup>1</sup> Επίσης, οι μετρήσεις επιβεβαιώνουν ότι μεγαλύτερη ποσότητα θερμικής ακτινοβολίας αντανακλάται πίσω στην επιφάνεια της Γης [2].<sup>2,3</sup> Έτσι, η τροπόσφαιρα (κατώτερη στιβάδα της ατμόσφαιρας) έχει γίνει πιο θερμή, ενώ η στράτοσφαιρα (η ανώτερη στιβάδα) έχει γίνει αποδεδειγμένα πιο ψυχρή [3].<sup>4</sup>

Χωρίς ανθρωπογενή επίδραση

Με ανθρωπογενή επίδραση



- καταγεγραμμένη θερμοκρασία
- υπολογιζόμενη εξέλιξη της θερμοκρασίας υπό την επίδραση αποκλειστικά φυσικών παραγόντων

- καταγεγραμμένη θερμοκρασία
- υπολογιζόμενη εξέλιξη της θερμοκρασίας υπό την επίδραση φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων

→ Αυτά τα επιστημονικά δεδομένα επαληθεύουν τη θεωρία ότι η κλιματική αλλαγή σήμερα είναι ανθρωπογενής. Επιπλέον, οι προσομοιώσεις κλιματικών μοντέλων έχουν δείξει ότι η

καταγεγραμμένη άνοδος της θερμοκρασίας δεν μπορεί να ερμηνευτεί αποκλειστικά με βάση φυσικούς παράγοντες, χωρίς να συνυπολογιστεί η επίδραση του ανθρώπου [4].<sup>5</sup>

## Η ΚΡΥΟΣΦΑΙΡΑ

Με τον όρο «κρυόσφαιρα» περιγράφονται όλες οι περιοχές της Γης που καλύπτονται από νερό σε στερεά μορφή (παγωμένο), με άλλα λόγια, όλες οι εκτάσεις που καλύπτονται από χιόνι και πάγο, παγετώνες, καθώς και τα μόνιμα παγωμένα εδάφη.<sup>1</sup>

50  
/  
51

Όλες οι επιφάνειες αντανακλούν κάποιο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αυτό το ποσοστό ονομάζεται «λευκαύγεια» (albedo)<sup>2</sup>

Μόνιμα παγωμένα εδάφη (permafrost) είναι εκείνα που παραμένουν σε θερμοκρασία 0°C ή χαμηλότερη επί δύο τουλάχιστον συνεχόμενα έτη<sup>3</sup>

ΑΡΚΤΙΚΗ — 52/53

ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΠΑΓΟΥ-ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑΣ — 54/55

ΧΕΡΣΑΙΟΙ ΠΑΓΟΙ — 56/57

ΟΙ ΠΑΓΟΙ ΤΗΣ ΓΡΟΙΛΑΝΔΙΑΣ — 58/59

ΑΝΤΑΡΚΤΙΚΗ — 60/61

ΤΗΞΗ ΤΩΝ ΠΑΓΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΔΟΣ  
ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ — 62/63

ΜΟΝΙΜΑ ΠΑΓΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ — 64/65

ΑΛΛΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΞΕΠΑΓΩΜΑ  
ΤΩΝ ΜΟΝΙΜΑ ΠΑΓΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ — 66/67

Ο ηπειρωτικός πάγος  
σχηματίζεται από  
συμπυκνωμένο χιόνι<sup>2</sup>

Οι θαλάσσιοι πάγοι σχηματίζονται  
από παγωμένο θαλασσινό νερό<sup>2</sup>

Η παγοκρηπίδα είναι μια  
μάζα ηπειρωτικού πάγου  
που ξεκινά από την ξηρά  
και εκτείνεται στη θάλασσα<sup>4</sup>

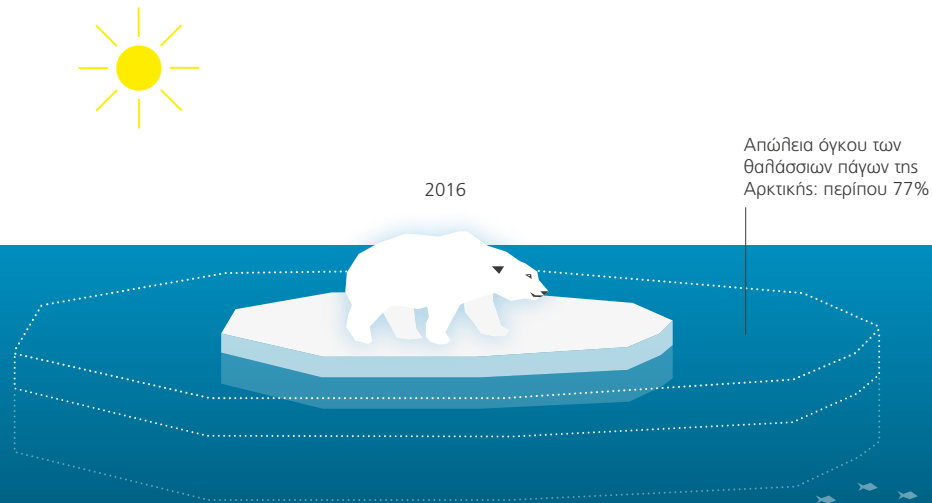
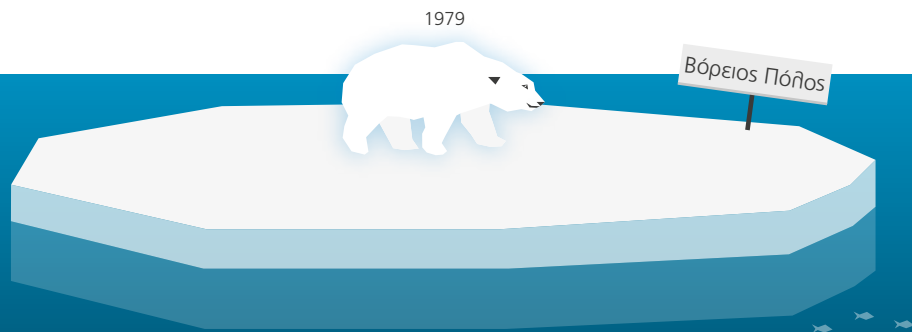


## Η ΚΡΥΟΣΦΑΙΡΑ ΑΡΚΤΙΚΗ

Οι θαλάσσιοι πάγοι σχηματίζονται όταν παγώνει το θαλασσινό νερό. Έχουν μικρότερη πυκνότητα από το θαλασσινό νερό και γι' αυτό επιπλέουν στην επιφάνειά του.<sup>1</sup> Μπορεί να φτάσουν αρκετά μέτρα σε πάχος, αλλά μόνο ένα μικρό μέρος τους, γύρω στο 12%, βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του νερού.<sup>2,3</sup>

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι ιδιαίτερα αισθητές στην Αρκτική, γιατί εκεί η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι κατά μέσο όρο στον πλανήτη συνολικά.<sup>4,5</sup> Από το 1979 μέχρι το 2016, η επιφάνεια των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής (μετρούμενη κάθε χρόνο τον Σεπτέμβριο) μειώθηκε κατά 43% περίπου. Με άλλα λόγια, κάθε χρόνο χανόταν μια έκταση μεγαλύτερη

από την Αυστρία.<sup>6,7</sup> Στο ίδιο διάστημα μειώθηκε και το πάχος των πάγων, οπότε ο όγκος τους συρρικνώθηκε κατά 77% περίπου, ποσοστό που αποτυπώνει εύγλωττα τη συνολική απώλεια θαλάσσιων πάγων στην Αρκτική. Για να το πούμε πιο παραστατικά, η ποσότητα πάγου που χάθηκε θα μπορούσε να καλύψει ολόκληρη τη Γερμανία με ένα στρώμα πάχους πάνω από 33,5 μέτρα.<sup>8,9,10</sup>



## ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΠΑΓΟΥ-ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑΣ

*Ανάλογα με το είδος της επιφάνειας στην οποία προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία, ποικίλλει και η ποσότητα που αντανακλάται πίσω στο διάστημα.<sup>1,2</sup> Για παράδειγμα, το χιόνι αντανακλά περισσότερη ακτινοβολία απ' ό,τι ένα δάσος. Το ποσοστό ακτινοβολίας που αντανακλά μια επιφάνεια ονομάζεται «λευκαύγεια» (albedo).<sup>2</sup>*

Το χιόνι και ο πάγος αντανακλούν πολύ μεγάλο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (υψηλή λευκαύγεια). Όταν, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας, λιώνουν τα χιόνια και οι πάγοι που καλύπτουν μια έκταση, το στρώμα που βρίσκεται από κάτω και που είναι συνήθως πιο σκοτεινό – π.χ. νερό ή βράχια – εκτίθεται στο φως, αντανακλά πολύ λιγότερη ακτινοβολία (γιατί έχει χαμηλή λευκαύγεια) και έτσι απορροφά θερμότητα και ζεσταίνεται.<sup>3</sup> Αυτό προκαλεί επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας της Γης και ακόμα μεγαλύτερη τήξη χιονιού και πάγου, που με τη σειρά της αυξάνει τη θερμοκρασία κ.ο.κ.

Η εν λόγω διαδικασία, που έχει τη μορφή φαύλου κύκλου, περιγράφεται με τον όρο «ανάδραση πάγου-λευκαύγειας».<sup>4</sup>

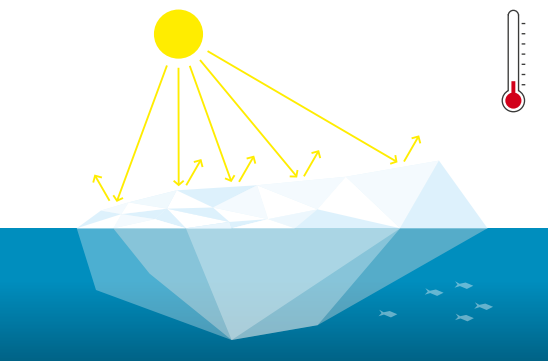
Το φαινόμενο της ανάδρασης πάγου-λευκαύγειας παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην Αρκτική. Με την αυξημένη τήξη θαλάσσιων πάγων κάθε αρκτικό καλοκαίρι, ο ωκεανός απορροφά πολύ περισσότερη θερμότητα απ' ό,τι θα απορροφούσε αν ήταν καλυμμένος με πάγο

και αυξάνεται η θερμοκρασία του. Έτσι, ο πάγος πλέον λιώνει όχι μόνο λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά και λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού, οπότε η τήξη του είναι ακόμα εντονότερη.<sup>5</sup>

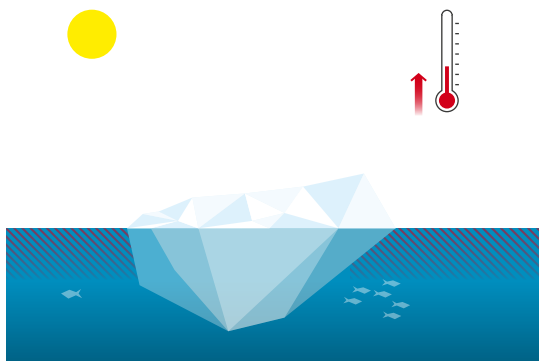
→

Η τήξη του χιονιού και του πάγου ενισχύει την υπερθέρμανση του πλανήτη.

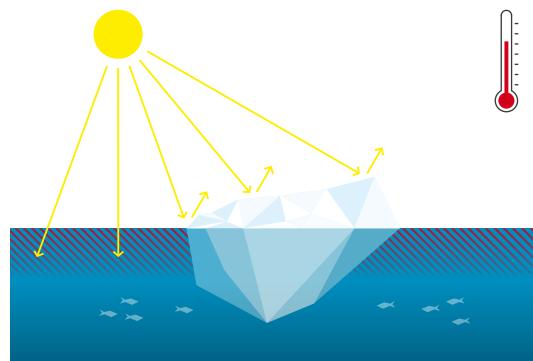
Αρχική κατάσταση



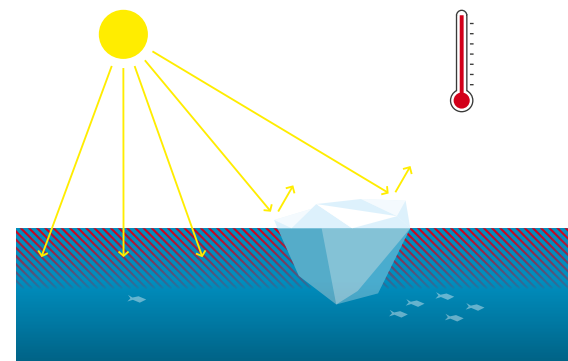
Ο πάγος λιώνει λόγω αυξημένων θερμοκρασιών



Λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία αντανακλάται πίσω στο διάστημα



Η ανάδραση πάγου-λευκαύγειας ενισχύει την υπερθέρμανση του πλανήτη



## Η ΚΡΥΟΣΦΑΙΡΑ ΧΕΡΣΑΙΟΙ ΠΑΓΟΙ

Παγοκάλυμμα (ice cap) είναι μια μάζα πάγου που καλύπτει μια γενικά επίπεδη περιοχή της ξηράς, με έκταση έως 50.000 τ.χλμ. Το συναντάμε κυρίως σε πολικές και υποπολικές περιοχές.<sup>1</sup> Αν καλύπτει μεγαλύτερη έκταση, τότε λέγεται φύλλο πάγου (ice sheet) ή ηπειρωτικός πάγος.<sup>2</sup> Στη Γη σήμερα υπάρχουν δύο φύλλα πάγου: ένα στην Ανταρκτική και ένα στη Γροιλανδία.<sup>3</sup>



Παγετώνας Μουίρ, Αϊάσκα, 1941  
*Field, William Osgood. 1941. Muir Glacier: From the Glacier Photograph Collection. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Digital media*

Παγετώνας Μουίρ, Αϊάσκα, 2013  
*Molnia, Bruce F. 2004. Muir Glacier: From the Glacier Photograph Collection. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Digital media*

Μια από τις πιο γνωστές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ίσως η συρρίκνωση των ορεινών παγετώνων και των παγοκαλυμμάτων. Οι αυξημένες θερμοκρασίες και διάφοροι τοπικοί παράγοντες – όπως η ετήσια ποσότητα χιονόπτωσης – επηρεάζουν τη συρρίκνωση των

παγετώνων.<sup>4,5</sup> Όμως οι ορεινοί παγετώνες και τα παγοκαλύμματα αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της μάζας πάγου στον πλανήτη. Το μεγαλύτερο μέρος – πάνω από 99% της παγκόσμιας μάζας χερσαίων πάγων – αποτελείται από τα φύλλα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής.<sup>3</sup>

→  
Σχεδόν όλοι οι παγετώνες που παρακολουθούνται από τους επιστήμονες χάνουν σταδιακά μέρος από τη μάζα τους.<sup>6</sup>

Παράλληλα με τη συρρίκνωση των παγετώνων, στο βόρειο ημισφαίριο παρατηρείται όλο και μικρότερη χιονοκάλυψη. Από το 1966 μέχρι σήμερα, η επιφάνεια της ξηράς που καλύπτεται από χιόνι μειώνεται με μέσο ρυθμό 213 τ.χλμ. τον χρόνο.<sup>7</sup>

## ΟΙ ΠΑΓΟΙ ΤΗΣ ΓΡΟΙΛΑΝΔΙΑΣ

Το φύλλο πάγου της Γροιλανδίας είναι το δεύτερο σε μέγεθος στη Γη, μετά το φύλλο πάγου της Ανταρκτικής.<sup>1</sup> Καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια της Γροιλανδίας και σε πολλά σημεία έχει πάχος πάνω από 3 χιλιόμετρα.<sup>2</sup>

Σε αντίθεση με τους θαλάσσιους πάγους της Αρκτικής, το φύλλο πάγου της Γροιλανδίας καλύπτει την ξηρά. Η τήξη του προκαλεί άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αν εξαλειφθεί ολόκληρο το φύλλο πάγου, η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει περισσότερο από 7 μέτρα.<sup>1</sup> Μεταξύ 2002 και 2016, η τήξη του φύλλου πάγου της Γροιλανδίας ευθυνόταν για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά περίπου

0,8 χιλιοστά το χρόνο.<sup>3,4</sup> Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο όρο κάθε χρόνο χάνονταν γύρω στους 280 γιγατόνους (280 δισεκατομμύρια τόνους) πάγου. Οι κύριες αιτίες γι' αυτή την απώλεια μάζας πάγου είναι η αυξημένη αποκόλληση παγόβουνων [1]<sup>5,6</sup> και η τήξη πάγου στην επιφάνεια του φύλλου.<sup>7</sup> Αξίζει να σημειωθεί ότι η απώλεια μάζας του φύλλου πάγου της Γροιλανδίας επιταχύνεται τα τελευταία χρόνια.<sup>3,4,8</sup>

Αποκόλληση παγόβουνου: ένα κομμάτι πάγου αποκόπεται από έναν παγετώνα και επιπλέει στη θάλασσα με τη μορφή παγόβουνου)<sup>9</sup>

[1]

Γροιλανδία

## Η ΚΡΥΟΣΦΑΙΡΑ ΑΝΤΑΡΚΤΙΚΗ

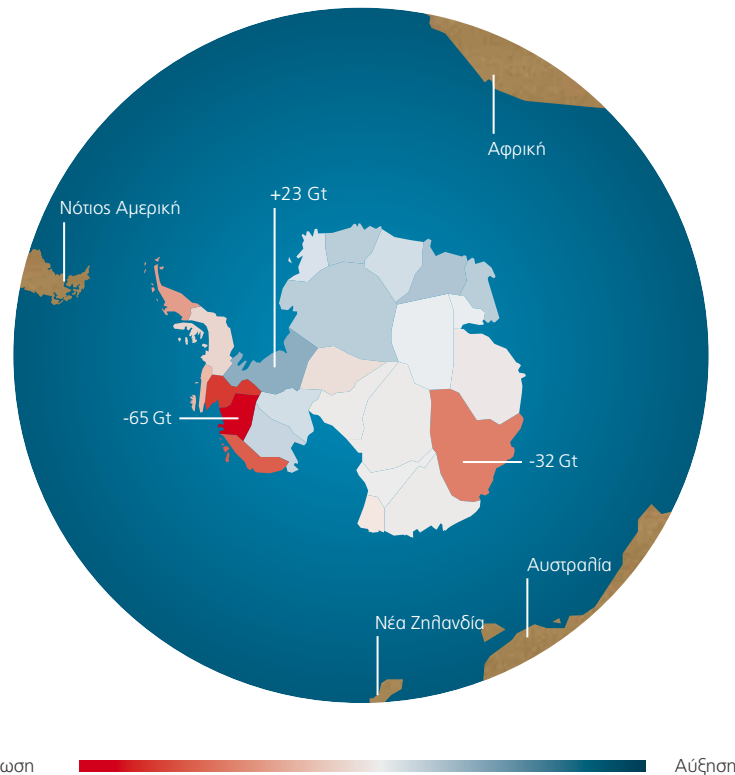
Η Ανταρκτική καλύπτεται από το μεγαλύτερο φύλλο πάγου στη Γη.<sup>1</sup> Το μεγαλύτερο μέρος των πάγων της Ανταρκτικής βρίσκεται στην ξηρά και το υπόλοιπο εκτείνεται στη θάλασσα με τη μορφή χερσονήσων πλωτού πάγου που ονομάζονται παγοκρηπίδες (ice shelves).<sup>2,3</sup> Στην Ανταρκτική υπάρχει τόσο πολύς πάγος που, αν έλιωνε όλος, η στάθμη της θάλασσας θα υψωνόταν κατά 58 μέτρα περίπου.<sup>1</sup> Σε αντίθεση με την Αρκτική, η έκταση των θαλάσσιων πάγων της Ανταρκτικής αυξήθηκε την περίοδο 1979-2016 με μέσο ετήσιο ρυθμό 0,16%.<sup>4</sup> Αντίθετα, η συνολική μάζα του φύλλου πάγου μειώνεται: ενώ σε ορισμένες περιοχές στην ενδοχώρα της ανατολικής Ανταρκτικής παρατηρείται ελαφρά αύξηση του ηπειρωτικού πάγου λόγω αυξημένης χιονόπτωσης,<sup>5</sup> στη δυτική Ανταρκτική καταγράφεται απώλεια μάζας.<sup>3</sup> Αυτή η απώλεια οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην τήξη της παγοκρηπίδας στη δυτική Ανταρκτική, καθώς το θαλασσινό νερό κάτω από τον πάγο είναι σχετικά θερμότερο.<sup>6</sup> Όσο μειώνεται το πάχος

της παγοκρηπίδας, τόσο πιο δύσκολο είναι να συγκρατήσει τη ροή πάγου από την ενδοχώρα προς τη θάλασσα. Κατά συνέπεια, αυξάνεται η ταχύτητα αυτής της ροής και η ποσότητα πάγου που μεταφέρεται προς τη θάλασσα είναι τόσο μεγάλη ώστε δεν μπορεί να αναπληρωθεί από τις χιονοπτώσεις.<sup>7-10</sup> Σε πολλές περιοχές της δυτικής Ανταρκτικής και όσο προχωρούμε μέσα στην ενδοχώρα, ο πάγος εκτείνεται σε βάθος πολύ κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, με αποτέλεσμα όταν υποχωρεί, να είναι πολύ μεγαλύτερη η έκταση που έρχεται σε επαφή με το θερμότερο θαλασσινό νερό. Έτσι μπορεί να επιταχυνθεί ακόμα περισσότερο η διαδικασία τήξης και αντίστοιχα η ροή πάγου προς τη θάλασσα.<sup>10,11</sup>

→  
Συνολικά, από το 2003 έως το 2016, η απώλεια μάζας ηπειρωτικού πάγου ήταν ίση περίπου με 141 γιγατόνους (141 δισεκατομμύρια τόνους) τον χρόνο.<sup>7</sup>

Γράφημα στη δεξιά σελίδα:  
Μέση ετήσια μεταβολή μάζας πάγου στην Ανταρκτική την περίοδο 2003-2016

Πηγή: Sasgen et al. (2017)





## ΤΗΞΗ ΤΩΝ ΠΑΓΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

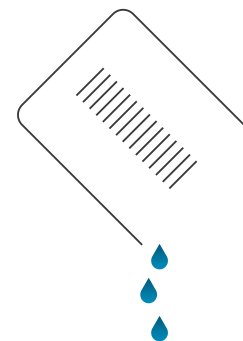
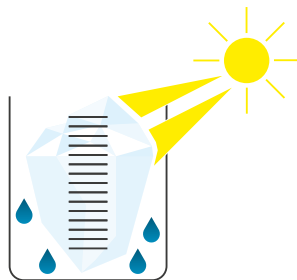
«Χερσαίος» λέγεται ο πάγος που σχηματίζεται στην ξηρά. Όταν αυτός λιώνει, το νερό ρέει προς τη θάλασσα, προκαλώντας άνοδο της στάθμης της (σελ. 74). Αν έλιωναν όλοι οι χερσαίοι πάγοι του πλανήτη, η στάθμη της θάλασσας θα υψωνόταν κατά 66 μέτρα περίπου.<sup>1</sup>

Οι θαλάσσιοι πάγοι και οι παγοκρηπίδες είναι διαφορετική περίπτωση, γιατί ήδη βρίσκονται μέσα στο νερό και, αν το νερό και ο πάγος που βρίσκεται μέσα σ' αυτό είχαν την ίδια περιεκτικότητα σε αλάτι, ο λιωμένος πάγος θα

απέδιδε ποσότητα νερού ίση με εκείνη που εκτόπιζε προτού λιώσει (όπως φαίνεται και στην εικόνα). Ωστόσο, επειδή ο θαλάσσιος πάγος και οι παγοκρηπίδες έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε αλάτι από το θαλασσινό νερό, όταν είναι παγωμένα εκτοπίζουν ελαφρώς λιγότερο νερό απ' ό,τι αποδίδουν με την τήξη τους. Γι' αυτό τον λόγο, αν έλιωναν όλοι οι θαλάσσιοι πάγοι και όλες οι παγοκρηπίδες, η στάθμη της θάλασσας θα υψωνόταν μόλις κατά 4 εκατοστά, από τα οποία περίπου 3,6 εκ. θα προέρχονταν από την τήξη των παγοκρηπίδων.<sup>2</sup>

→  
Συνεπώς, η τήξη των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής έχει ελάχιστη ή μηδενική επίδραση στη μέση στάθμη της θάλασσας.

Όταν λιώνει ο θαλάσσιος πάγος, παράγει ποσότητα νερού σχεδόν ίση με εκείνη που εκτόπιζε προτού λιώσει



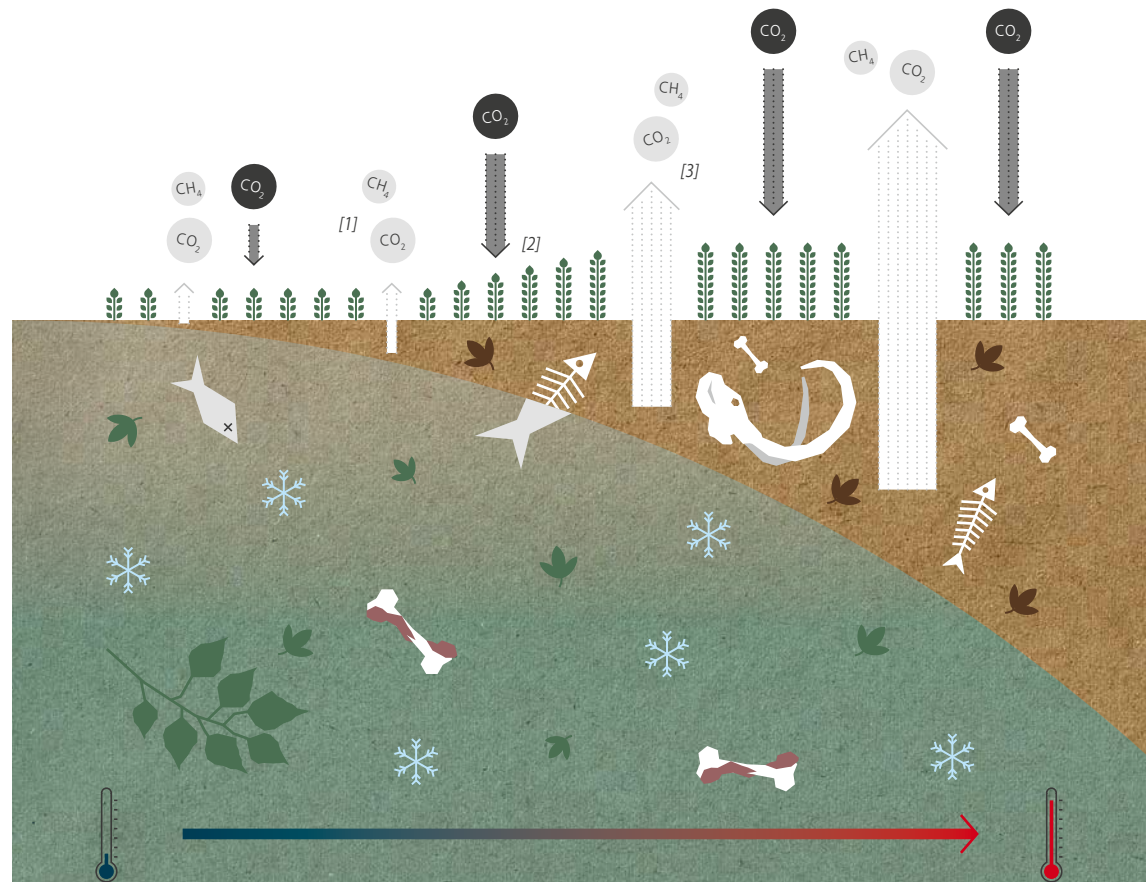
## ΜΟΝΙΜΑ ΠΑΓΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ

Ως *μόνιμα παγωμένα εδάφη* (*permafrost*) ορίζονται τα εδάφη που παραμένουν σε θερμοκρασία 0°C ή χαμηλότερη επί δύο τουλάχιστον διαδοχικά έτη.<sup>1</sup> Τα συναντάμε στις ψυχρές περιοχές του πλανήτη, όπως είναι η Σιβηρία, ο Καναδάς, η Αλάσκα<sup>2</sup> ή σε ορεινούς όγκους<sup>3</sup> και καλύπτουν περίπου το 24% της επιφάνειας της ξηράς στο βόρειο ημισφαίριο.<sup>4</sup>

Λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη, το ξεπάγωμα των μόνιμα παγωμένων εδαφών κάθε πολικό καλοκαίρι διαρκεί περισσότερο και εκτείνεται σε μεγαλύτερο βάθος.<sup>5</sup> Μέσα στα μόνιμα παγωμένα εδάφη συντηρούνται φυτά και ζώα εδώ και χιλιάδες χρόνια. Αν τα μόνιμα παγωμένα εδάφη ξεπαγώσουν, αυτοί οι οργανισμοί θα εκτεθούν σε διαδικασίες μικροβιακής αποσύνθεσης, με τις οποίες ο άνθρακας που είναι αποθηκευμένος στα φυτά και τα ζώα μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και μεθάνιο (CH<sub>4</sub>). Στη συνέχεια,

αυτά τα δύο αέρια θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα [1].<sup>6</sup> Παράλληλα, οι αυξημένες θερμοκρασίες ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών. Βραχυπρόθεσμα, τα φυτά μπορεί να απορροφήσουν περισσότερο CO<sub>2</sub> απ' όσο απελευθερώνεται από το ξεπαγωμένο έδαφος [2] – όχι όμως μακροπρόθεσμα [3].<sup>7</sup> Έτσι επιταχύνεται η υπερθέρμανση του πλανήτη, οπότε ξεπαγώνουν ακόμα περισσότερα μόνιμα παγωμένα εδάφη κ.ο.κ. Αυτή η αυτοενισχυόμενη διαδικασία είναι γνωστή ως «ανάδραση άνθρακα μόνιμα παγωμένων εδαφών» και μπορεί να έχει μεγαλύτερη συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη απ' ό,τι οι ανθρωπογενείς εκπομπές μόνης τους.<sup>6</sup>

→ Όταν ξεπαγώνουν τα μόνιμα παγωμένα εδάφη, απελευθερώνονται αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία επιταχύνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>6</sup>



## ΑΛΛΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΞΕΠΑΓΩΜΑ ΤΩΝ ΜΟΝΙΜΑ ΠΑΓΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα μόνιμα παγωμένα εδάφη έχουν συνοχή και σταθερότητα, χάρη στο παγωμένο νερό που περιέχουν. Όταν ξεπαγώνουν, το υποκείμενο έδαφος γίνεται ασταθές, κάτι που μπορεί να προξενήσει ζημιά στις υποδομές (κτίρια, αγωγούς, οδικά δίκτυα).<sup>1,2</sup> Το αποσταθεροποιημένο έδαφος μπορεί να προκαλέσει και κατολισθήσεις.<sup>3</sup> Τα μόνιμα παγωμένα εδάφη που καλύπτουν ορεινούς όγκους (όπως οι Άλπεις) βοηθούν να σταθεροποιούνται οι βραχώδεις πλαγιές των βουνών, συνεπώς όταν ξεπαγώνουν αυξάνεται ο κίνδυνος αποκόλλησης και πτώσης βράχων.<sup>4</sup>

Το ξεπάγωμα των μόνιμα παγωμένων εδαφών, σε συνδυασμό με τη μείωση των θαλάσσιων πάγων και την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα και της θάλασσας, οδηγεί σε αυξημένη διάβρωση των ακτών.<sup>1,5</sup> Η διαδικασία αυτή βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη: οι ακτογραμμές υποχωρούν με μέσο ρυθμό 0,5 μέτρο τον χρόνο, παρ' ότι υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τόπο σε τόπο,<sup>6</sup> π.χ. σε μερικές περιοχές της Αλάσκας η υποχώρηση της ακτογραμμής φτάνει τα 13,5 μέτρα κατά μέσο όρο τον χρόνο.<sup>7</sup>



## ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ

*Οι ωκεανοί καλύπτουν πάνω από το 70% της επιφάνειας της Γης. Έχουν καθοριστική σημασία για το κλίμα, καθώς μεταφέρουν τεράστιες ποσότητες θερμότητας από τη μια άκρη του πλανήτη στην άλλη.<sup>12</sup> Λειτουργούν επίσης ανασχετικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς απορροφούν μέρος των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> αλλά και σημαντικό ποσοστό της ενέργειας που συγκρατείται στη Γη λόγω του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου.<sup>3,4</sup>*

**ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ** — 70/71

**ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΥΔΡΑΤΜΩΝ** — 72/73

**ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ** — 74/75

**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ** — 76/77

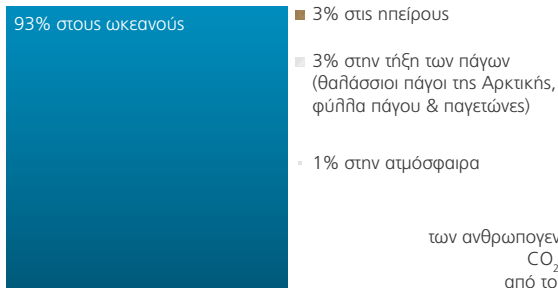


## ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ

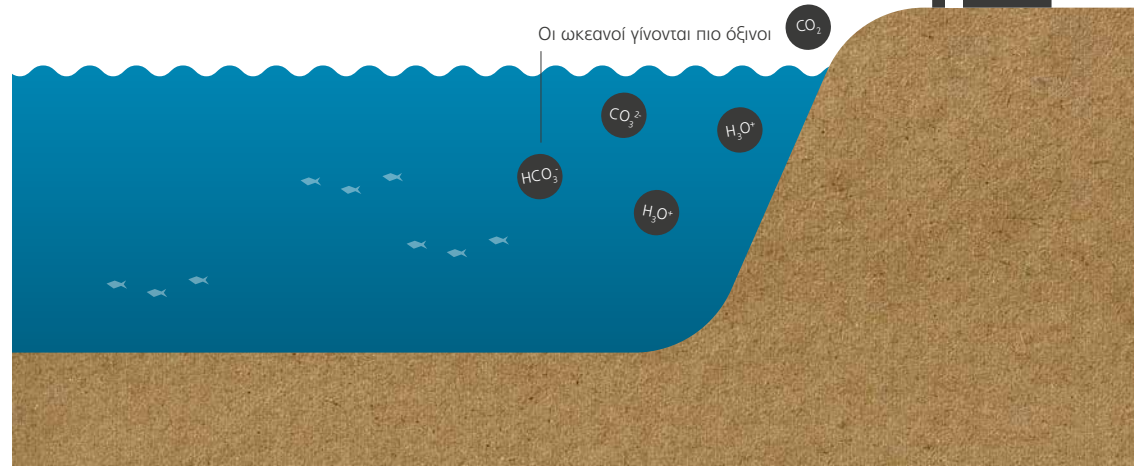
Από το 1971 έως το 2010 οι ωκεανοί απορρόφησαν το 93% της ενέργειας που συγκρατεί η γήινη ατμόσφαιρα λόγω της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.<sup>1</sup> Ως αποτέλεσμα, η μέση επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία έχει αυξηθεί – για την περίοδο 1880-2015 η αύξηση υπολογίζεται γύρω στους 0,8°C – ενώ υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται και σε μεγαλύτερα βάθη.<sup>1,2</sup> Επίσης, οι ωκεανοί γίνονται οξινότερα πιο όξινοι, καθώς απορροφούν περίπου 22% των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>.<sup>3</sup> Με αυτούς τους τρόπους, περιορίζουν μεν την υπερθέρμανση του πλανήτη, αλλά εις βάρος της θαλάσσιας ζωής, η οποία επηρεάζεται σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό από την άνοδο της θερμοκρασίας και την οξίνιση των ωκεανών (σελ. 102).<sup>4</sup>

Επειδή τα αέρια παρουσιάζουν μικρότερη διαλυτότητα σε θερμά υγρά απ' ό,τι σε ψυχρά, οι ωκεανοί χάνουν σταδιακά την ικανότητά τους να απορροφούν τις ανθρωπογενείς εκπομπές CO<sub>2</sub>.<sup>5</sup> Δηλαδή μειώνεται η ανασχετική τους επίδραση στην υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>6</sup> Επίσης μειώνεται η περιεκτικότητα των ωκεανών σε οξυγόνο, γεγονός που προκαλεί πρόσθετα προβλήματα στα θαλάσσια οικοσυστήματα.<sup>7</sup>

Πού καταλήγει η ενέργεια από την υπερθέρμανση του πλανήτη;<sup>1</sup>



22 % των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub> απορροφάται από τους ωκεανούς<sup>3</sup>

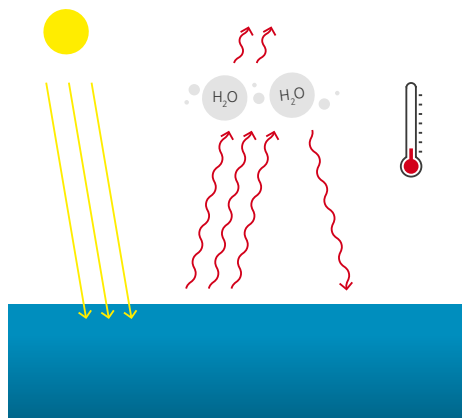


ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ  
**ΑΝΑΔΡΑΣΗ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΥΔΡΑΤΜΩΝ**

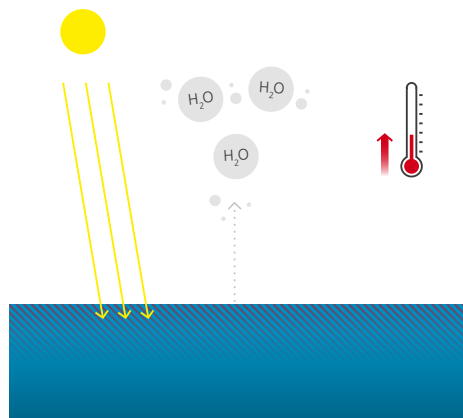
Ο ζεστός αέρας απορροφά περισσότερους υδρατμούς απ' ό,τι ο ψυχρός. Έτσι, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα, αυξάνεται και η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς.<sup>1</sup> Εφόσον οι υδρατμοί ληιουργούν και αυτοί ως αέριο του θερμοκηπίου, η αυξημένη συγκέντρωση

υδρατμών στην ατμόσφαιρα επιτίνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και ενισχύει την άνοδο της θερμοκρασίας.<sup>2</sup> Με αυτό τον τρόπο, ενεργοποιείται μια αυτοενισχυόμενη διαδικασία που ονομάζεται «ανάδραση θερμοκρασίας-υδρατμών» και η οποία επιταχύνει την υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>3</sup>

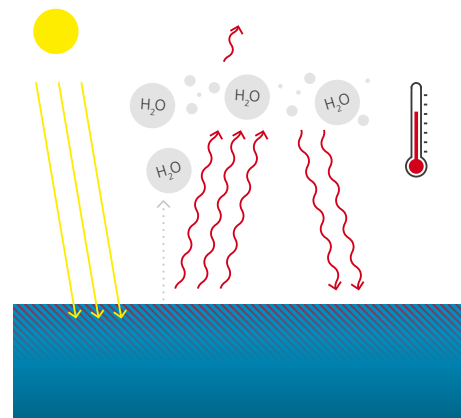
Αρχική κατάσταση



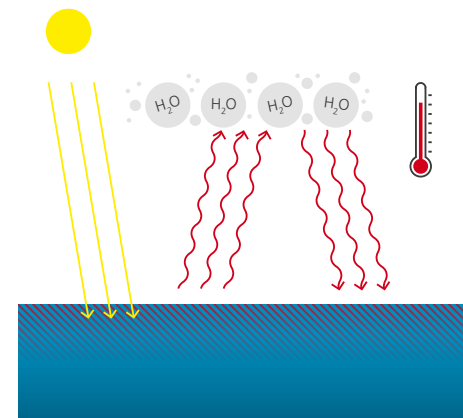
Η άνοδος της θερμοκρασίας προκαλεί αυξημένη εξάτμιση του νερού



Το φαινόμενο του θερμοκηπίου επιτίνεται



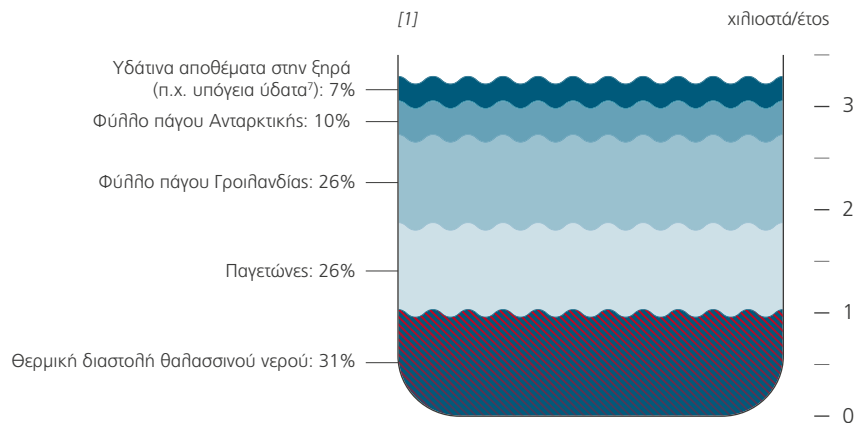
Η ανάδραση ενισχύει την άνοδο της θερμοκρασίας



## ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ

# ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Επειδή η θερμοκρασία των ωκεανών έχει αυξηθεί δραματικά λόγω της κλιματικής αλλαγής, το θαλασσινό νερό διαστέλλεται και προκαλεί άνοδο της στάθμης της θάλασσας.<sup>1,2</sup> Επίσης, με την άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα λιώνουν οι παγετώνες και τα φύλλα πάγου. Ως αποτέλεσμα, η στάθμη της θάλασσας παγκοσμίως έχει ανυψωθεί συνολικά κατά 23 εκατοστά από το 1880 έως το 2013.<sup>3</sup>



Παράγοντες που συνέβαλαν στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας το 2014

Το 2014 η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε κατά 3,3 χιλιοστά περίπου [1].<sup>4</sup> Στο παρελθόν έχουν υπάρξει περιπτώσεις ακόμα μεγαλύτερης άνοδου (10-15 χιλιοστά τον χρόνο), που οφείλονταν στην τήξη τεράστιων όγκων πάγου κατά τη μετάβαση από παγετώδεις περιόδους σε μεσοπαγετώδεις.<sup>5</sup>

Ωστόσο, αν εξετάσουμε τη μέση ετήσια άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά την τελευταία 15ετία σε σύγκριση με τον προηγούμενο αιώνα και με τα τελευταία 2.000 χρόνια, βλέπουμε ότι η στάθμη της θάλασσας ανυψώνεται με αυξανόμενους ρυθμούς [2].<sup>5,6</sup>





## ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΩΚΕΑΝΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

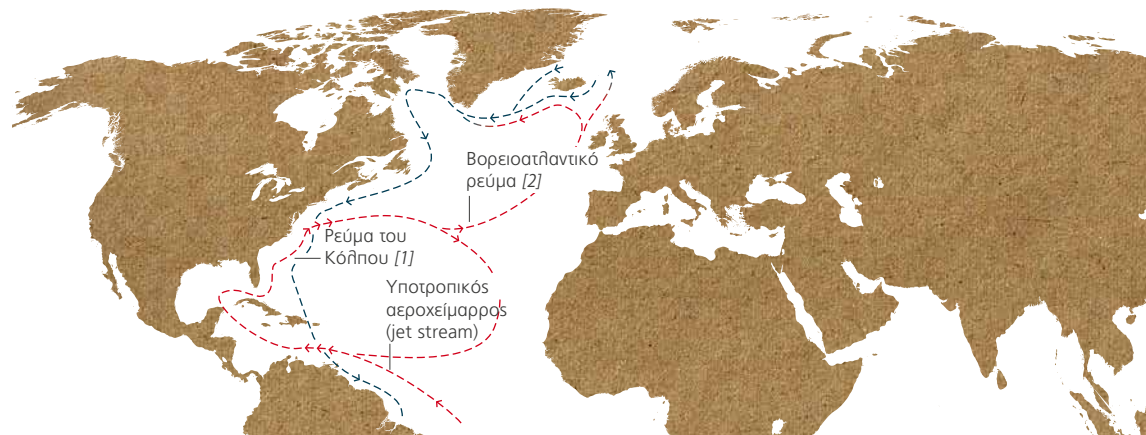
Το σύστημα ωκεάνιων ρευμάτων του Ατλαντικού (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC) είναι μέρος του «παγκόσμιου μεταφορικού ιμάντα» (σελ. 18).<sup>1</sup> Μαζί με το Ρεύμα του Κόλπου (Gulf Stream) [1] και το βορειοατλαντικό ρεύμα (North Atlantic Current) [2], μεταφέρει μεγάλες ποσότητες θερμότητας από τις τροπικές ζώνες προς τον Βόρειο Ατλαντικό, διαμορφώνοντας ήπιο κλίμα στη βορειοδυτική Ευρώπη.<sup>2</sup> Το ζεστό, πλούσιο σε αλάτι επιφανειακό θαλασσινό νερό που ρέει προς τον βορρά μεταδίδει τη θερμότητά του στην ατμόσφαιρα του Βόρειου Ατλαντικού. Αντίστοιχα, με ίδιο ψύχεται και η πυκνότητά του αυξάνεται, με αποτέλεσμα να βυθίζεται πολύ κάτω από

την επιφάνεια και κατόπιν να ρέει πάλι προς τον νότο.<sup>3</sup> Η ανάμιξη των υδάτινων μαζών στο βάθος του ωκεανού και οι άνεμοι που πνέουν στο νότιο τμήμα του ωκεανού επαναφέρουν το νερό στην επιφάνεια.<sup>4</sup> Έτσι ολοκληρώνεται ο κύκλος του AMOC και επαναλαμβάνεται από την αρχή.

Με την προοδευτική αλλαγή του κλίματος, το φύλλο πάγου της Γροιλανδίας λιώνει (σελ. 58). Το νερό που προέρχεται από την τήξη του πάγου, επειδή έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι, μειώνει την πυκνότητα των επιφανειακών υδάτων στον Βόρειο Ατλαντικό. Αυτό δυνητικά σημαίνει ότι οι μάζες νερού από τον νότο δεν βυθίζονται πλέον τόσο βαθιά ώστε να μεταφερθούν πίσω

στον βορρά, με αποτέλεσμα να αποδυναμώνεται ο κύκλος του AMOC.<sup>5</sup> Μέχρι τώρα δεν έχει επιβεβαιωθεί ότι αυτό συμβαίνει, ωστόσο οι προσομοιώσεις κλιματικών μοντέλων δείχνουν ότι το AMOC μπορεί να αποδυναμωθεί κατά 11%-34% μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα, λόγω των αυξημένων εκπομπών ανθρωπογενών

αερίων του θερμοκηπίου.<sup>6,7,8</sup> Η εξέλιξη αυτή θα αναχαιτίσει την άνοδο της θερμοκρασίας στην Ευρώπη (ιδίως στις Βρετανικές Νήσους και τη Σκανδιναβία),<sup>9,10</sup> θα μπορούσε όμως να έχει και άλλες συνέπειες, π.χ. μεταβολή της αιολικής κυκλοφορίας, με αποτέλεσμα σφοδρότερες καταιγίδες στην Ευρώπη.<sup>11</sup>



— θερμά επιφανειακά ρεύματα

— ψυχρά ρεύματα σε μεγαλύτερο βάθος



## ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

*Τα καιρικά και κλιματικά φαινόμενα συνήθως χαρακτηρίζονται ακραία όταν υπερβαίνουν ορισμένα όρια ή αν η πιθανότητα εκδήλωσής τους είναι πολύ μικρή. Ωστόσο, δεν υπάρχει γενικής αποδοχής ορισμός των ακραίων καιρικών ή κλιματικών συνθηκών.<sup>1</sup>*

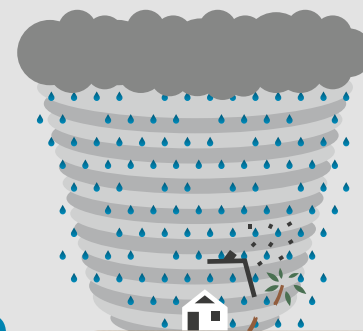
ΚΑΥΣΩΝΕΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ ΨΥΧΟΥΣ — 80/81

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ — 82/83

ΞΗΡΑΣΙΑ — 84/85

ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ — 86/87

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ — 88/89



## ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

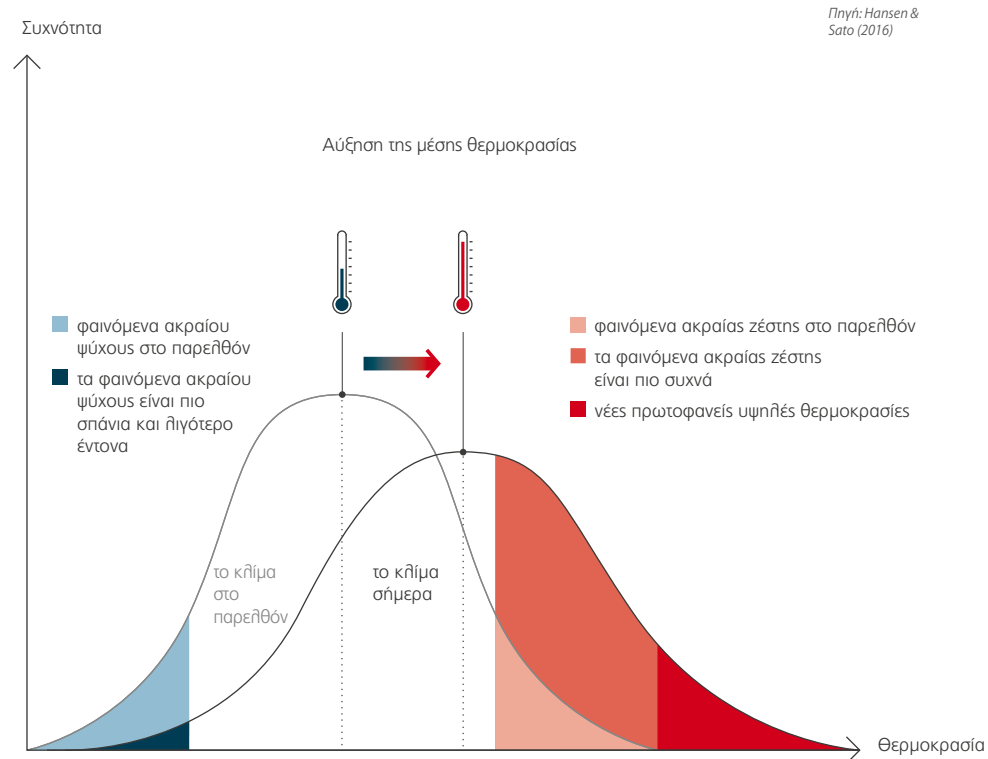
# ΚΑΥΣΩΝΕΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ ΨΥΧΟΥΣ

80 / 81

Λόγω της κλιματικής αλλαγής, όλο και πιο συχνά παρατηρούνται πρωτοφανείς υψηλές θερμοκρασίες<sup>1</sup> και καύσωνες<sup>2</sup>. Την περίοδο 1951-1980 λιγότερο από 1% της χερσαίας επιφάνειας της Γης παρουσίαζε ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Ως ασυνήθιστα υψηλές ορίζονται οι θερμοκρασίες που η θεωρητική πιθανότητα εμφάνισής τους δεν ξεπερνά το 0,13%, δηλαδή είναι πολύ σπάνιες. Τέτοια φαινόμενα, που τότε ακόμα ήταν ασυνήθιστα, παρατηρήθηκαν περίπου στο 10% της χερσαίας επιφάνειας της Γης τη δεκαετία 2001-2010.<sup>3</sup> Επιπλέον, η περίοδος αυξημένου κινδύνου δασικών πυρκαγιών επιμικνύθηκε, κατά 19% περίπου, μεταξύ 1979 και 2013 κατά μέσο όρο σε παγκόσμιο επίπεδο.<sup>4</sup>

Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι συχνά οι δασικές πυρκαγιές προκαλούνται από τον άνθρωπο, είτε από απροσεξία είτε από εμπρησμό.<sup>5</sup>

Σε αντίθεση με τους καύσωνες, τα φαινόμενα ακραίου ψύχους γίνονται ολοένα σπανιότερα και λιγότερο σφοδρά.<sup>6</sup> Αυτό οφείλεται στη μετατόπιση της κατανομής συχνοτήτων των θερμοκρασιών ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, όπως δείχνει το γράφημα στη διπλανή σελίδα. Παρά την υπερθέρμανση του πλανήτη συνολικά, σε τοπικό επίπεδο είναι δυνατόν να παρατηρηθούν φαινόμενα ακραίου ψύχους, αν και αναμένεται να έχουν μικρότερη συχνότητα και ένταση.<sup>7</sup>



## ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

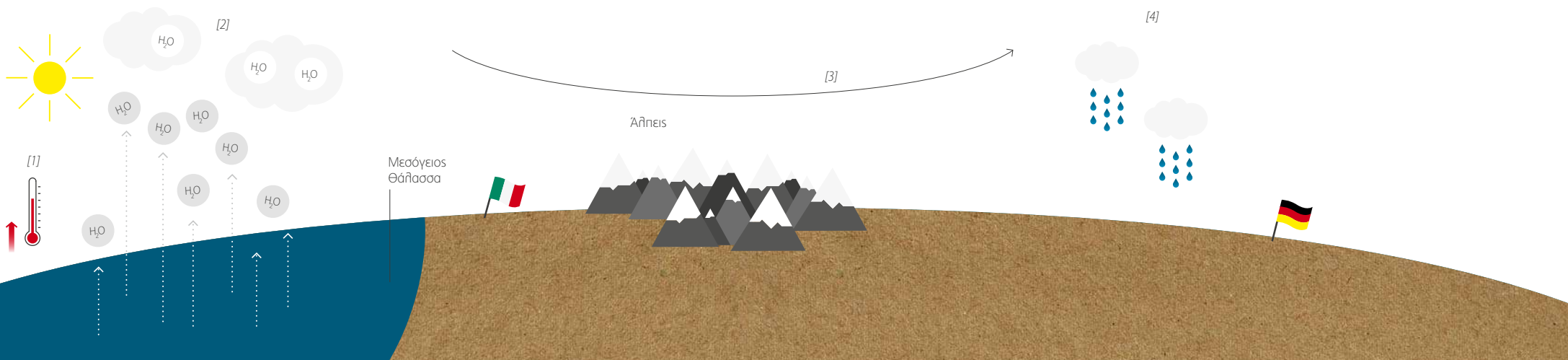
Καθώς με τις υψηλότερες θερμοκρασίες ο αέρας απορροφά μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών, αυξάνεται η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με την παρουσία αρκετής υγρασίας (π.χ. πάνω από τους ωκεανούς), προκαλούν επίσης αυξημένη εξάτμιση του νερού. Έτσι εντείνεται ο κύκλος του νερού, με αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων.<sup>1,2</sup> Οι υδρατμοί συνήθως δεν πέφτουν – με τη μορφή βροχής – στο ίδιο

σημείο από όπου εξατμίστηκαν.<sup>1</sup> Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τα μεταβαλλόμενα πρότυπα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, προκαλεί όλο και πιο ανομοιόμορφη κατανομή των βροχοπτώσεων.<sup>3</sup> Οι άνυδρες περιοχές, π.χ. οι υποτροπικές, σε πολλές περιπτώσεις αντιμετωπίζουν ακόμα μεγαλύτερη ξηρασία, ενώ περιοχές με υγρό κλίμα, όπως στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη και τις τροπικές ζώνες, γίνονται ακόμα πιο υγρές.<sup>3,4,5</sup>

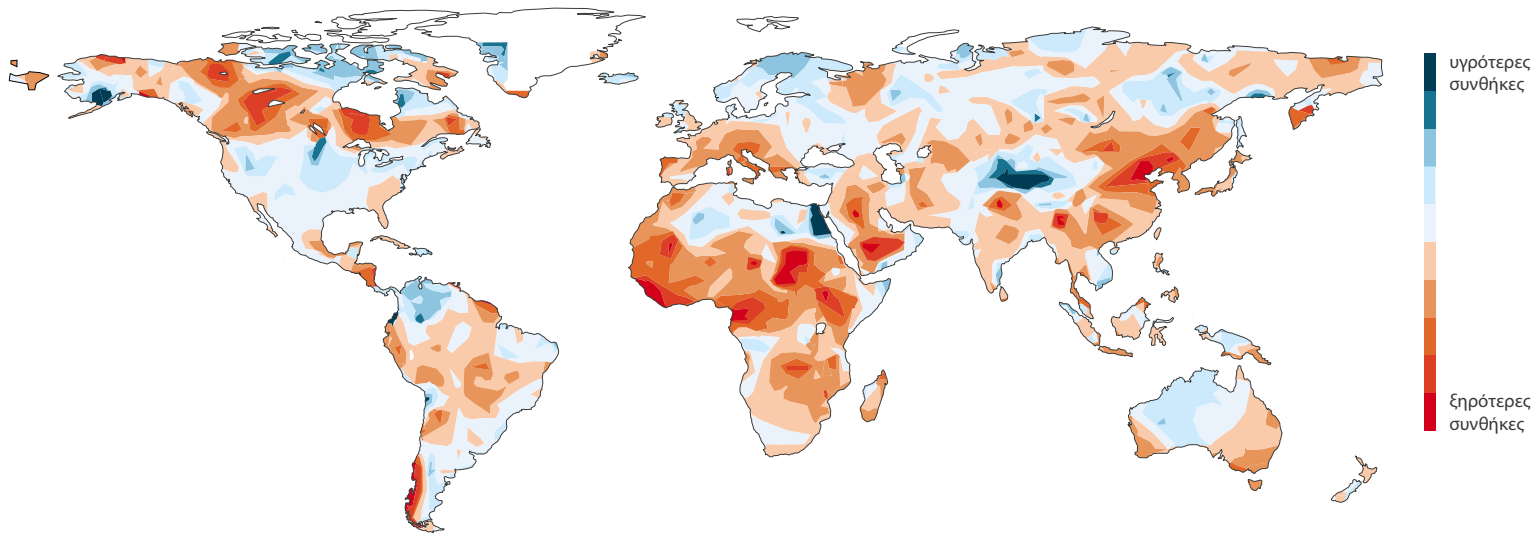
Κατά μέσο όρο σε παγκόσμιο επίπεδο, φαινόμενα ισχυρών βροχοπτώσεων παρατηρούνται με μεγαλύτερη συχνότητα,<sup>2</sup> αλλά και με μεγαλύτερη ένταση τόσο σε ξηρές όσο και σε υγρές περιοχές.<sup>6</sup> Σήμερα, περίπου 18% αυτών των φαινομένων στην ξηρά μπορεί να αποδοθεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη.<sup>7</sup> Ωστόσο, η αύξηση της συχνότητας των ακραίων φαινομένων βροχόπτωσης διαφοροποιείται σημαντικά από τόπο σε τόπο.<sup>2</sup> Για παράδειγμα, η Μεσόγειος Θάλασσα εμφανίζει σημαντική άνοδο της

θερμοκρασίας τις τελευταίες δεκαετίες [1], με αποτέλεσμα να εξατμίζεται μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την επιφάνειά της [2].

Όταν ένα υψηλό και ένα χαμηλό βαρομετρικό συναντηθούν με συγκεκριμένο τρόπο (φαινόμενο γνωστό ως κυκλώνας Vb) [3], αυτοί οι υδρατμοί μεταφέρονται προς τα βόρεια και μπορούν να προκαλέσουν αυξημένες βροχοπτώσεις και πλημμύρες στην Κεντρική Ευρώπη [4].<sup>8</sup>



## ΞΗΡΑΣΙΑ



Περιοχές με μεταβολές στις συνθήκες υγρασίας την περίοδο 1950-2012

Πηγή: Aiguo Dai and Tianbao Zhao, *Uncertainties in historical changes and future projections of drought. Part 1: estimates of historical drought changes*. Springer Nature: Climatic Change 144, 519-533 (2017). Προσαρμογή με την άδεια του εκδότη (© Springer Nature)

Επειδή δεν υπάρχει κοινός επιστημονικός ορισμός για την έννοια της ξηρασίας, είναι δύσκολο να καταλήξουμε σε ένα γενικό συμπέρασμα για την εξέλιξη των φαινομένων ξηρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Γνωρίζουμε όμως ότι το πού και πότε συμβαίνουν αυτά τα φαινόμενα καθορίζεται από φυσικούς παράγοντες. Η υπερθέρμανση του πλανήτη ενισχύει την κατά τόπους εξάτμιση υγρασίας από το έδαφος, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα συχνότερων και σοβαρότερων φαινομένων ξηρασίας.<sup>1</sup> Επιπλέον, από τα μέσα του 20ού αιώνα έχουν αυξηθεί οι άνυδρες εκτάσεις συνολικά στη γη ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, ιδίως στην Αφρική, τη νότια Ευρώπη, την ανατολική και νοτιοανατολική Ασία και σε πολλές περιοχές σε μεσαία και υψηλά γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου. Η εξέλιξη αυτή θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο φαινομένων ξηρασίας στο μέλλον.<sup>2,3</sup>

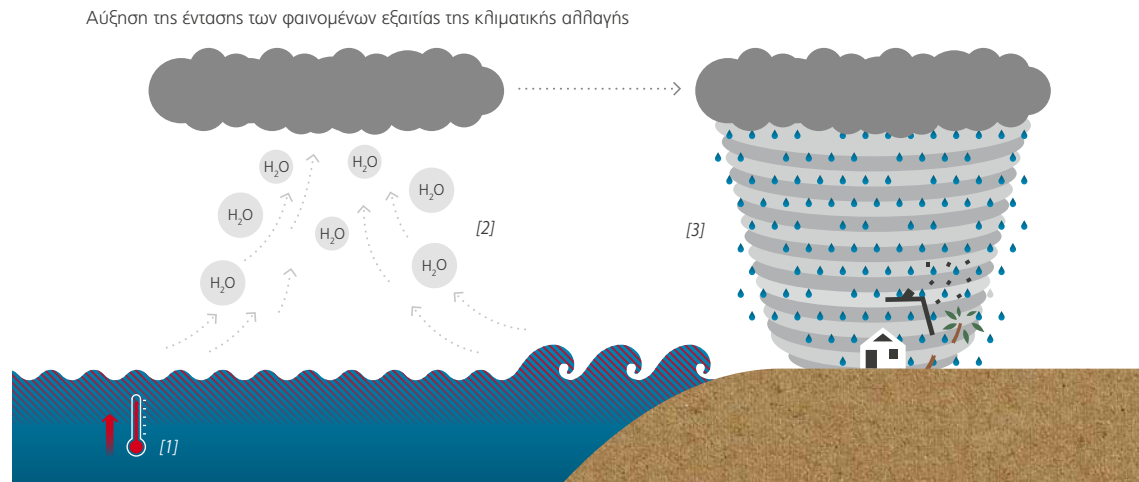
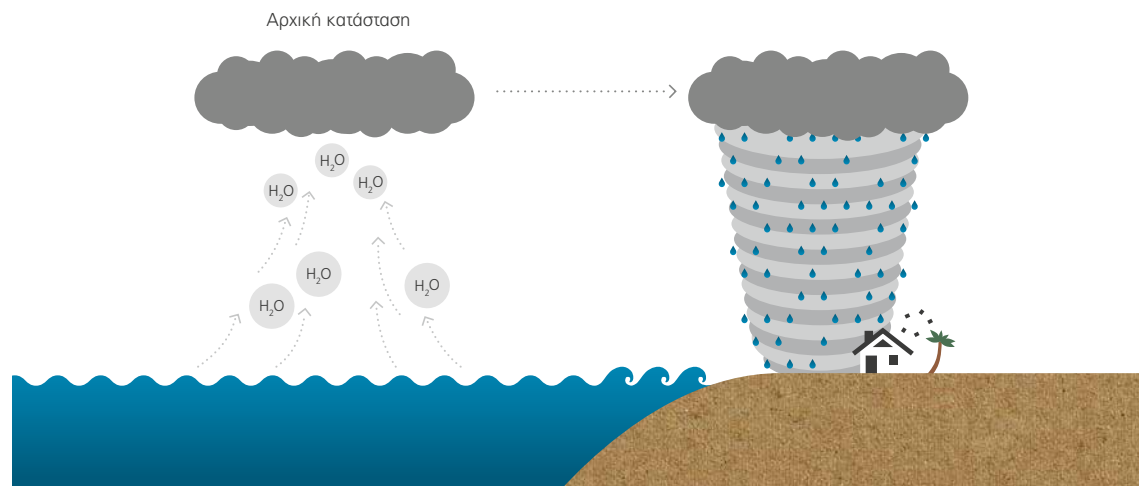
## ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ

Με τα σημερινά δεδομένα, μόνο για τους πιο σφοδρούς τροπικούς κυκλώνες μπορούμε να αποδείξουμε άμεση συσχέτιση ανάμεσα στην αυξανόμενη συχνότητά τους και την κλιματική αλλαγή.<sup>1,2</sup> Γενικά εκτιμάται ότι η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε μικρότερο αριθμό τροπικών κυκλώνων συνολικά. Όμως, ενώ τα σχετικά πιο ήπια θυελλώδη φαινόμενα πιθανώς θα περιοριστούν αριθμητικά, τα σφοδρότερα θα γίνονται ολόένα συχνότερα.<sup>1,3</sup>

Οι τροπικοί κυκλώνες σχηματίζονται πάνω από τους ωκεανούς, όταν η θερμοκρασία του νερού υπερβεί τους 26°C, καθώς αντλούν ενέργεια από τον θερμό, υγρό αέρα.<sup>4,5,6</sup> Η κλιματική αλλαγή προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας του θαλασσινού νερού [1], άρα και μεγαλύτερη εξάτμιση. Τα θυελλώδη φαινόμενα τροφοδοτούνται έτσι με περισσότερη ενέργεια [2] και είναι δυνατόν να εξελιχθούν σε πιο σφοδρούς κυκλώνες [3].<sup>4,7</sup> Επίσης, αναμένεται οι μελληοντικοί κυκλώνες να συνοδεύονται από εντονότερη βροχόπτωση λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας του αέρα σε υδρατμούς.<sup>3</sup>

Από την άλλη πλευρά, η υπερθέρμανση του πλανήτη περιορίζει τις κατακόρυφες (ανοδικές και καθοδικές) κινήσεις των αέριων μαζών (αυξάνοντας την ατμοσφαιρική σταθερότητα) και, αντίθετα, ενισχύει τα οριζόντια ρεύματα αέρα με ανέμους που ποικίλλουν σε κατεύθυνση και ταχύτητα. Αυτό συμβαίνει π.χ. σε ψηλότερες περιοχές της δυτικής και κεντρικής Αφρικής, απ' όπου ξεκινά η δημιουργία ατλαντικών τυφώνων. Η σταθερότητα αυτή μπορεί να εμποδίσει τον σχηματισμό τροπικών κυκλώνων, έτσι ο συνολικός αριθμός τους μπορεί να μειωθεί.<sup>8,9</sup>

→ Η κλιματική αλλαγή είναι δυνατόν να μειώσει τον συνολικό αριθμό των τροπικών κυκλώνων. Ταυτόχρονα όμως, τα θυελλώδη φαινόμενα εκδηλώνονται με μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση και συνοδεύονται από σφοδρότερες βροχοπτώσεις.



## ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

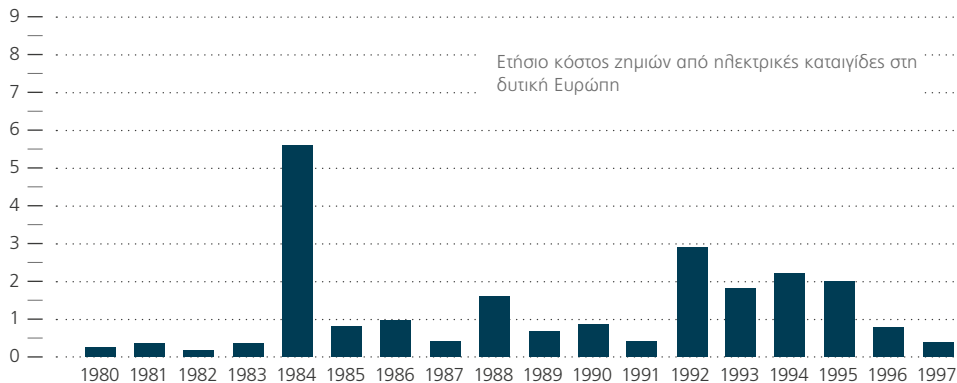
Οι ηλεκτρικές καταιγίδες συχνά συνοδεύονται από ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ισχυρή βροχοπτώση, χαλάζι, θυελλώδεις ανέμους ή ανεμοστρόβιλους. Μπορούν να προκαλέσουν ζημιές ύψους δισεκατομμυρίων.<sup>1,2,3</sup>

Οι ηλεκτρικές καταιγίδες οφείλονται στον συνδυασμό πολλών και ποικίλων παραγόντων. Σε κάθε περίπτωση χρειάζεται κάποιος μηχανισμός άνωσης που θα προκαλέσει ανοδική κίνηση των αέριων μαζών<sup>4</sup> ή ισχυρά επάλληλα

οριζόντια ρεύματα αέρα που διαφέρουν ως προς τη διεύθυνση ή/και την ταχύτητα του ανέμου (κατακόρυφη διάτμηση ανέμου) ώστε να προκληθούν σφοδρές ηλεκτρικές καταιγίδες.<sup>5</sup> Καθοριστικό ρόλο παίζει ο θερμός και υγρός αέρας που κινείται προς τα πάνω, καθώς παρέχει την ενέργεια που απαιτείται για τον σχηματισμό ηλεκτρικής καταιγίδας. Οι υδρατμοί που περιέχει συμπυκνώνονται σε μεγάλα ύψη στην ατμόσφαιρα, απελευθερώνοντας θερμική ενέργεια και ενισχύοντας τη διαδικασία

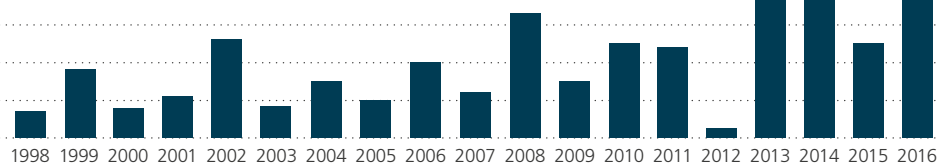
σχηματισμού της ηλεκτρικής καταιγίδας.<sup>6</sup> Επειδή ο αέρας γίνεται πιο ζεστός λόγω της κλιματικής αλλαγής και άρα απορροφά περισσότερη υγρασία, η συμπύκνωση των υδρατμών απελευθερώνει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Είναι λογικό λοιπόν να περιμένουμε αύξηση του αριθμού και της έντασης των ηλεκτρικών καταιγίδων.<sup>7,8</sup> Δεδομένου ότι οι ηλεκτρικές καταιγίδες είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων και η καταγραφή τους είναι ατελής, είναι δύσκολο να αξιολογήσουμε σε παγκόσμιο

επίπεδο την εξέλιξή τους και τα καιρικά φαινόμενα που τις συνοδεύουν.<sup>9</sup> Για τη Γερμανία, ο αριθμός των ημερών με σοβαρές ηλεκτρικές καταιγίδες αναμένεται να αυξηθεί τις προσεχείς δεκαετίες.<sup>10</sup> Επιπλέον, οι ηλεκτρικές καταιγίδες δυνητικά θα είναι πιο σφοδρές απ' ό,τι με τις σημερινές κλιματικές συνθήκες, λόγω της μεγαλύτερης διαθεσίμου ενέργειας.<sup>6</sup> Τις τελευταίες δεκαετίες στη Γερμανία έχουν αυξηθεί οι πιθανότητες εμφάνισης ηλεκτρικών καταιγίδων και χαλασοπτώσεων.<sup>8</sup>



Τα στοιχεία είναι διορθωμένα ως προς τον πληθωρισμό και τις αναπροσαρμογές αξίας. Σημειώνεται πάντως ότι η συνολική αύξηση των ζημιών δεν εξηγείται αποκλειστικά από την κλιματική αλλαγή

Πηγή: Munich Re, NatCatSERVICE 2018



## ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

*Ένα δεδομένο φυσικό περιβάλλον και οι οργανισμοί που ζουν μέσα σ' αυτό αποτελούν μια βιοκοινότητα βασισμένη στις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Αυτή ονομάζεται οικοσύστημα.<sup>1</sup>*

90  
/  
91

Ο όρος «φαινολογία» αφορά τα παρατηρήσιμα στάδια ανάπτυξης των φυτών και των ζώων που επαναλαμβάνονται περιοδικά στη διάρκεια του έτους.<sup>2</sup>

Ο όρος «βιοποικιλότητα» αναφέρεται στην ποικιλία μορφών ζωής και οικοσυστημάτων, καθώς και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων και οικοσυστημάτων, αλλά και στη γενετική ποικιλότητα εντός του ίδιου είδους.<sup>3,4,5</sup>



**ΕΠΟΧΕΣ, ΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ** — 92/93

**ΖΩΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ** — 94/95

**ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ** — 96/97

**ΔΥΟ ΕΥΑΛΩΤΑ ΕΙΔΗ** — 98/99

**ΠΟΛΙΚΕΣ ΑΡΚΟΥΔΕΣ** — 100/101

**ΚΟΡΑΛΛΙΑ** — 102/103

## ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

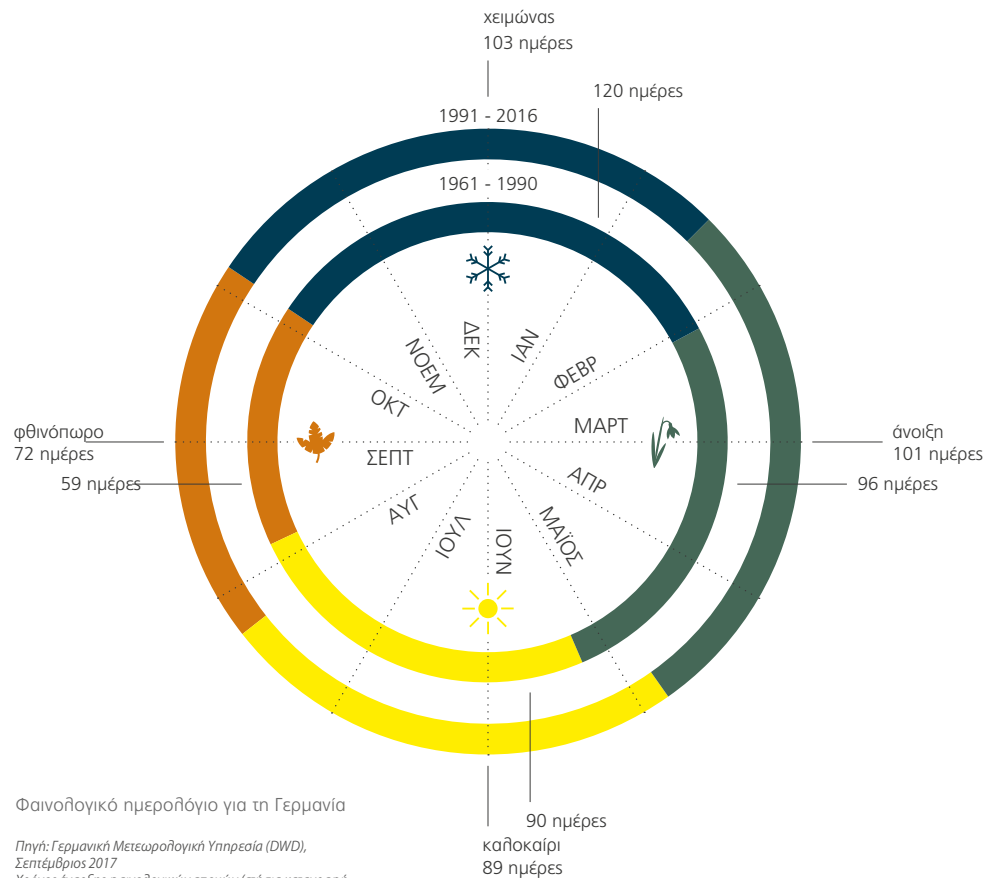
# ΕΠΟΧΕΣ, ΖΩΝΕΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Ο όρος «φαινολογία» αφορά τα παρατηρήσιμα στάδια ανάπτυξης των φυτών και των ζώων που επαναλαμβάνονται περιοδικά στη διάρκεια του έτους.<sup>2</sup>

Οι αυξημένες θερμοκρασίες προκαλούν φαινολογικές αλλαγές,<sup>3</sup> π.χ. τα πουλιά γεννούν νωρίτερα<sup>4</sup> ή τα φυτά ανθίζουν νωρίτερα μέσα στο έτος.<sup>5</sup> Τις τελευταίες δεκαετίες, η φαινολογική άνοιξη στο βόρειο ημισφαίριο αρχίζει 2,8 ημέρες νωρίτερα κατά μέσο όρο ανά δεκαετία.<sup>6</sup> Όσο λιγότερο απέχει μια περιοχή από τους πόλους, τόσο εντονότερες είναι αυτές οι μεταβολές των εποχών.<sup>3</sup>

Η κλιματική αλλαγή προκαλεί επίσης μετατόπιση των ζωνών βλάστησης.<sup>7</sup> Π.χ. το μέγιστο γεωγραφικό πλάτος στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν δέντρα στο βόρειο ημισφαίριο μετατοπίζεται προς τα βόρεια<sup>8</sup> και σε μεγαλύτερο υψόμετρο επάνω στα βουνά.<sup>9</sup> Η συρρίκνωση των αρκτικών και αλπικών οικοσυστημάτων είναι άλλο ένα παράδειγμα της μετατόπισης των ζωνών βλάστησης.<sup>10</sup>

Αντίστοιχα έχουν αλλιάξει και οι κλιματικές ζώνες. Την περίοδο 1950-2010, το 5,7% περίπου της επιφάνειας της ξηράς στον πλανήτη μετατάχθηκε σε θερμότερες και ξηρότερες κλιματικές ζώνες.<sup>11</sup> Η κλιματική αλλαγή επίσης οδηγεί σε νέους συνδυασμούς κλιματικών στοιχείων που είναι ακόμα άγνωστοι και γι' αυτό είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν οι συνέπειές τους.<sup>12</sup>





## ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΖΩΑ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

Τα ζώα και τα φυτά κατά κανόνα προσαρμόζονται ικανοποιητικά στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στον βιότοπό τους. Αν αλλιάξει το κλίμα, προκαλούνται μεταβολές στη σύνθεση των ειδών της κοινότητας, που πολλές φορές μπορούν να επιφέρουν αλλοιές και σε ολόκληρο το οικοσύστημα.<sup>1</sup>

Κατ' αρχήν, ένα είδος μπορεί να αντιδράσει στην αλλοιή του κλίματος με τρεις τρόπους:

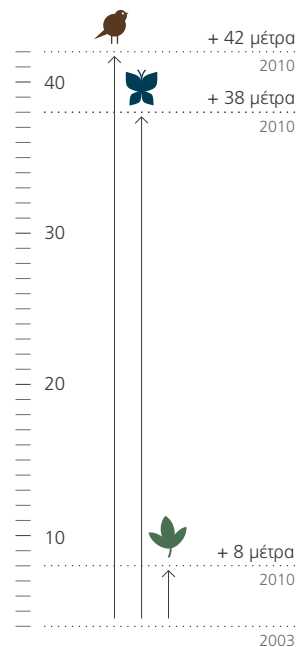
1. Μπορεί να προσαρμοστεί με επιτυχία στις αλλοιές<sup>2</sup> ή ακόμα και να παρουσιάσει αύξηση του πληθυσμού του, όπως π.χ. το έντομο σκολήτης, που εξαιτίας της κλιματικής αλλοιής έχει πολλαπλασιαστεί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης.<sup>3-6</sup>

2. Μπορεί να μεταναστεύσει, όπως συμβαίνει με κάποια είδη πεταλούδας, συνήθως μετακινούμενο πιο κοντά στους πόλους ή σε μεγαλύτερο υψόμετρο, για να αποφύγει τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Υπολογίζεται ότι τα χερσαία ζώα και φυτά μετακινούνται προς μεγαλύτερα υψόμετρα κατά 11 περίπου μέτρα και πιο κοντά στους πόλους κατά 17 χλμ. ανά δεκαετία.<sup>7</sup>

3. Μπορεί να μην καταφέρει να προσαρμοστεί στις αλλοιές, με αποτέλεσμα να περιοριστεί η περιοχή εξάπλωσής του και, σε ακραία περίπτωση, το είδος να οδηγηθεί σε εξαφάνιση.<sup>8</sup> Όσο ταχύτερες είναι οι αλλοιές, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος να μην καταφέρουν τα ζώα και τα φυτά να προσαρμοστούν εγκαίρως ώστε να επιβιώσουν.<sup>9</sup>

Οι αλλοιές που συμβαίνουν σε ένα είδος μπορούν να έχουν επιπτώσεις σε ολόκληρο το οικοσύστημα, π.χ. λόγω μεταβολών στις σχέσεις θηρευτή-θηράματος ή στις ανταγωνιστικές σχέσεις των ειδών.<sup>1</sup>

Υψομετρική μετατόπιση φυτών, πεταλούδων και πουλιών λόγω της κλιματικής αλλοιής στην Ελβετία μεταξύ 2003 και 2010<sup>10</sup>



## ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο όρος «βιοποικιλότητα» αναφέρεται στην ποικιλία μορφών ζωής και οικοσυστημάτων, καθώς και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων και οικοσυστημάτων, αλλά και στη γενετική ποικιλότητα εντός του ίδιου είδους.<sup>1,2,3</sup>

Κατηγορίες υπηρεσιών οικοσυστήματος

Ρυθμιστικές υπηρεσίες

Πολιτισμικές υπηρεσίες

Υποστηρικτικές υπηρεσίες

Προμηθευτικές υπηρεσίες



Η μεγάλη βιοποικιλότητα ενισχύει την ανθεκτικότητα ενός οικοσυστήματος και συνεπώς την ικανότητά του να προσαρμόζεται σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι αλλαγές του κλίματος,<sup>4</sup> ή σε ασθένειες, όπως η προσβολή από μύκητες.<sup>5</sup> Η μεγάλη ποικιλότητα της χλωρίδας σε ένα οικοσύστημα αυξάνει επίσης την παραγωγικότητά του.<sup>6,7</sup> Αυτό σημαίνει πως, αν υποθέσουμε ότι όλες οι υπόλοιπες συνθήκες παραμένουν σταθερές, ένα σύστημα με μικρή ποικιλότητα χλωρίδας παράγει λιγότερη βιομάζα απ' ό,τι ένα σύστημα με μεγάλη ποικιλότητα.<sup>6</sup>

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η κλιματική αλλαγή οδηγεί σε μείωση της βιοποικιλότητας συνολικά στον πλανήτη,<sup>8</sup> κάτι που μπορεί να έχει αρνητική επίπτωση στις υπηρεσίες οικοσυστήματος.<sup>9</sup> Με αυτό τον όρο νοούνται όλες οι ωφέλιμες για τον άνθρωπο υπηρεσίες και ιδιότητες ενός οικοσυστήματος.<sup>10</sup> Οι υπηρεσίες αυτές, που είναι σημαντικές για τον άνθρωπο και κατά κανόνα παρέχονται χωρίς κόστος, μπορούν επίσης να επηρεαστούν αρνητικά από τη μεταβολή της σύνθεσης των ειδών μέσα σε ένα οικοσύστημα.<sup>11</sup>

## ΔΥΟ ΕΥΑΛΩΤΑ ΕΙΔΗ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί σοβαρή απειλή για τα ζώα που ζουν σε μεγάλα υψόμετρα ή στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Αυτά τα είδη έχουν περιορισμένες δυνατότητες να ξεφύγουν από τις αυξημένες θερμοκρασίες και από τις αλλαγές που προκαλούνται στον βίότοπό τους.<sup>1</sup>

Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι το θηλαστικό λαγόμυς (*Ochotona princeps*, American pika), στενός συγγενής του λαγού και του κουνελλιού που ζει κυρίως σε ορεινές περιοχές στα δυτικά της Βόρειας Αμερικής.<sup>2,3,4</sup> Αυτό το είδος δέχεται πολλαπλές επιδράσεις από την κλιματική αλλαγή.<sup>5</sup>

Ο λαγόμυς δεν πέφτει σε χειμέρια νάρκη, αλλά διαχειμάζει μέσα στη φωλιά του, όπου τρέφεται με τα φυτά που έχει μαζέψει το καλοκαίρι.<sup>4</sup> Το χιόνι που σκεπάζει τη φωλιά του λειτουργεί μονωτικά και τον προστατεύει από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Αν αυτό το στρώμα χιονιού λιώσει εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, το ζώο κινδυνεύει να πεθάνει από το υπερβολικό κρύο. Ένα άλλο πρόβλημα για αυτά τα ζώα, που είναι πολύ ευαίσθητα στις μεταβολές της θερμοκρασίας, είναι ότι τα καλοκαίρια γίνονται ολοένα πιο ζεστά.<sup>2</sup> Γι' αυτό και παρατηρείται ότι μετακινούνται σε περιοχές με όλο και μεγαλύτερο υψόμετρο και χαμηλότερες θερμοκρασίες.<sup>2,5,6</sup> Αυτές οι μετακινήσεις είναι ιδιαίτερα προβληματικές στην περίπτωση ειδών που ήδη ζουν στις κορυφές των βουνών, και δεν έχουν τη δυνατότητα να καταφύγουν σε ακόμα μεγαλύτερο υψόμετρο.<sup>5,7,8</sup>

Οι φαινολογικές μεταβολές που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή μπορούν να επηρεάσουν τις συμβιωτικές σχέσεις φυτών και ζώων.<sup>1</sup> Για παράδειγμα, παρατηρείται αποσυντονισμός των φαινολογικών φάσεων μεταξύ του πουλιού κολιμπρί (*Selasphorus platycercus*) και των φυτών από τα οποία αντλεί νέκταρ. Το συγκεκριμένο είδος κολιμπρί μεταναστεύει κάθε καλοκαίρι από την Κεντρική Αμερική προς βορειότερες ορεινές περιοχές για να αναπαραχθεί. (Σύμφωνα με μελέτη, την περίοδο 1975-2011 τα πουλιά έφταναν στους βορειότερους τόπους αναπαραγωγής τους περίπου 1,5 ημέρα νωρίτερα ανά δεκαετία, λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών. Την ίδια περίοδο, η ανθοφορία δύο ειδών φυτών που αποτελούν πηγή τροφής για το κολιμπρί άρχισε περίπου 2,8 ημέρες νωρίτερα (δηλ. σχεδόν κατά

το διπλάσιο) ανά δεκαετία.) Έτσι, μειώνεται το χρονικό διάστημα από την άφιξη του κολιμπρί μέχρι την άνθηση των φυτών από τα οποία τρέφεται. Πιθανή συνέπεια είναι να περιορίζεται και το χρονικό περιθώριο που έχουν τα πουλιά για να φτιάξουν φωλιές και να μεγαλώσουν τους νεοσσούς τους. Αν αυτή η αναντιστοίχια των φαινολογικών φάσεων γίνει ακόμα πιο έντονη, θα μειωθούν σημαντικά οι πιθανότητες επιτυχούς αναπαραγωγής του κολιμπρί.<sup>2</sup>



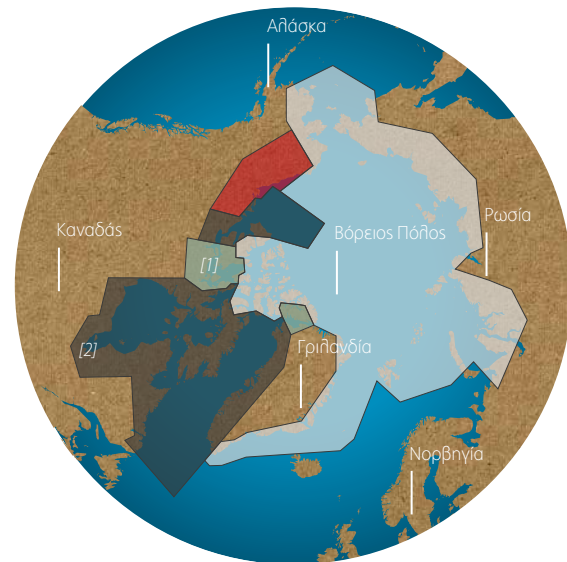
## ΠΟΛΙΚΕΣ ΑΡΚΟΥΔΕΣ

*Η πολική αρκούδα είναι το πιο γνωστό πλάσμα της Αρκτικής που επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή. Εκτιμάται ότι στην Αρκτική και τις υποαρκτικές περιοχές ζουν σήμερα 25.000 πολικές αρκούδες.<sup>1,2</sup>*

Με την αυξανόμενη τήξη του θαλάσσιου πάγου στη διάρκεια του αρκτικού καλοκαιριού, περιορίζεται το διάστημα που οι πολικές αρκούδες μπορούν να τον χρησιμοποιούν ως εξέδρα για να κυνηγήσουν φώκιες. Η μειωμένη πρόσβαση σε τροφή επηρεάζει αρνητικά τον αριθμό νεογνών που μπορεί να γεννήσει μια αρκούδα και τις πιθανότητες επιβίωσής τους. Σε ακραίες περιπτώσεις, απειλείται άμεσα η επιβίωση ακόμα και των ίδιων των ενήλικων πολικών αρκούδων.<sup>3,4</sup> Ενώ έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένες πολικές αρκούδες στους νοτιότερους

βιοτόπους τους στον Καναδά τρώνε καρπούς του δάσους και αυγά πουλιών, οι εναλλακτικές πηγές τροφής αυτού του είδους δεν είναι διαθέσιμες παντού και δεν επαρκούν για να καλύψουν τις διατροφικές ανάγκες μιας πολικής αρκούδας.<sup>4,5</sup>

Οι εκτιμώμενες τάσεις του πληθυσμού του είδους εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις παραδοχές που γίνονται για τη μελλοντική άνοδο της θερμοκρασίας και την επίδρασή της στους θαλάσσιους πάγους. Γι' αυτό τον λόγο, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα σχετικά με το πόσο σοβαρά και πότε μπορεί να επηρεαστούν επιμέρους πληθυσμοί πολικών αρκούδων. Πάντως ένα πράγμα είναι σαφές: συρρίκνωση των θαλάσσιων πάγων σημαίνει μείωση του πληθυσμού των πολικών αρκούδων.<sup>4,6,7,8</sup>



Πηγή: IUCN/ Polar Bear Specialist Group (2017)

■ αύξηση πληθυσμού   ■ μείωση πληθυσμού   ■ σταθερός πληθυσμός   ■ ανεπαρκή δεδομένα

Τρέχουσα εικόνα πληθυσμών πολικών αρκούδων (απλοστευμένη). Ο χάρτης αποτυπώνει την εικόνα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και όχι τις μακροχρόνιες τάσεις. Θα πρέπει να ερμηνεύεται με επιφύλαξη, γιατί π.χ. η αύξηση του πληθυσμού των πολικών αρκούδων

στον βόρειο Καναδά [1] οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα σε περιορισμούς που έχουν επιβληθεί στο κυνήγι,<sup>9</sup> ενώ η φυσική κατάσταση του πληθυσμού στους νοτιότερους βιοτόπους του Καναδά [2] χειροτερεύει, παρ' ότι αριθμητικά ο πληθυσμός αξιολογείται ως «σταθερός»<sup>10</sup>

## ΚΟΡΑΛΛΙΑ

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι των τροπικών περιοχών είναι εξαιρετικά σημαντικοί για τον άνθρωπο. Φιλοξενούν πλήθος ψαριών που χρησιμεύουν ως πηγή τροφής. Επίσης προστατεύουν τις ακτογραμμές από τη διαβρωτική επίδραση του νερού και του ανέμου και αποτελούν σημαντικό πόλο έλξης του τουρισμού για τις τοπικές οικονομίες.<sup>1,2,3</sup> Ο χρωματισμός τους οφείλεται σε συγκεκριμένα είδη άλγης που ζουν επάνω στα κοράλλια και τους παρέχουν θρεπτικά συστατικά.<sup>4</sup>

Η υγεία των κοραλλιών καταπονείται διαρκώς από την ανθρωπογενή άνοδο της θερμοκρασίας των ωκεανών, την οξίνιση (σελ. 70) και τη ρύπανσή τους.<sup>5,6</sup> Όταν η καταπόνηση αυτή ξεπεράσει ένα όριο, τα κοράλλια αποβάλλουν τις άλγες και αποκαλύπτουν τον λευκό σκελετό τους (αποχρωματισμός των κοραλλιών).<sup>4</sup> Αυτό μπορεί να προκαλέσει τον θάνατο των κοραλλιών, αφού έτσι δεν παίρνουν αρκετά θρεπτικά συστατικά. Στη διάρκεια του 2016 παρατηρήθηκε αποχρωματισμός κοραλλιών στο 93% των υφάλων που απαρτίζουν τον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο της Αυστραλίας, ενώ σε άλλη περιοχή του Ειρηνικού πάνω από τα μισά κοράλλια ρηκών υδάτων πέθαναν από τον Φεβρουάριο έως τον Οκτώβριο του 2016.<sup>7</sup>



## Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

*Ήδη η κλιματική αλλαγή επηρεάζει, άμεσα ή έμμεσα, τη ζωή όλου του πληθυσμού της Γης, που ανέρχεται σε 7,8 δισεκατομμύρια.<sup>1</sup> Ωστόσο, οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη δεν είναι παντού ίδιες και αντίστοιχα οι επιδράσεις τους στους ανθρώπους και τις κοινωνίες διαφέρουν ανάλογα με την περιοχή. Ένα πράγμα όμως είναι σαφές: όσο ενισχύεται η άνοδος της θερμοκρασίας, θα τείνουν να κυριαρχήσουν οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.<sup>2</sup>*

**ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ** — 106/107

**ΆΛΛΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ** — 108/109

**ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΦΟΡΕΙΣ** — 110/111

**ΠΟΛΕΙΣ** — 112/113

**ΓΕΩΡΓΙΑ** — 114/115

**ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ** — 116/117

**ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ** — 118/119

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ** — 120/121





## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία με πολλούς τρόπους. Π.χ. η θερμική καταπόνηση (heat stress)<sup>1</sup> μπορεί να επιδεινώσει τα καρδιοαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα, αυξάνοντας τα ποσοστά θνησιμότητας.<sup>2,3,4</sup> Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες ενισχύουν τη συγκέντρωση όζοντος στην επιφάνεια του εδάφους,<sup>5</sup> κάτι που μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, επιβαρύνοντας π.χ. τη λειτουργία των πνευμόνων.<sup>6,7</sup> Τα οξυγόνα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι πλημμύρες ή οι σφοδρές καταιγίδες, συνεπάγονται πολλούς κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου, αφού μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς που

σε ακραίες περιπτώσεις οδηγούν και στον θάνατο.<sup>8</sup> Οι καταρακτώδεις βροχές και οι πλημμύρες είναι δυνατόν να προκαλέσουν μικροβιακή μόλυνση των ποταμών και άλλων υδάτων, με αποτέλεσμα αυξημένο κίνδυνο λοιμώξεων που μεταδίδονται με το νερό.<sup>9</sup>

Μια άλλη συνέπεια της κλιματικής αλλαγής σε μερικές ευρωπαϊκές χώρες είναι η παρατεταμένη περίοδος γύρης, που οξύνει τα συμπτώματα των παθήσεων του αναπνευστικού, όπως το άσθμα και η αλλεργική ρινίτιδα.<sup>9</sup> Επίσης οι αυξημένες θερμοκρασίες δημιουργούν ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες για την εξάπλωση αλλεργιογόνων φυτών, όπως το ζιζάνιο αμβροσία.<sup>8,10</sup>



225.000

225.000  
από υποσιτισμό

85.000

από διαρροϊκές  
παθήσεις

35.000

από τη ζέστη  
και το κρύο

30.000

από μνιγγίτιδα



20.000

από ασθένειες  
που προκαλούνται  
από φορείς

2.750

από πλημμύρες  
και κατολισθήσεις

2.500

από καταιγίδες

Σημείωση: Τα αριθμητικά δεδομένα που παρουσιάζονται στο γράφημα πρέπει να ερμηνεύονται με επιφύλαξη, γιατί είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστούν οι πρόσθετοι θάνατοι εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και δεν μπορεί να τεκμηριωθεί άμεσα αιτιότητα μεταξύ μεμονωμένων θανάτων και κλιματικής αλλαγής

Πρόσθετοι θάνατοι παγκοσμίως εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής το 2010

Πηγή: Fundaci n DARA Internacional, Climate Vulnerability Monitor 2nd Edition. A Guide to the Cold Calculus of a Hot Planet (2012)

## ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά και την ψυχική υγεία. Για παράδειγμα, τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι δυνατόν να προκαλέσουν διαταραχές μετατραυματικού στρες,<sup>1</sup> ενώ η ανησυχία και η ανασφάλεια για την κλιματική αλλαγή μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και σε αγχώδεις διαταραχές και κατάθλιψη.<sup>2</sup> Η πραγματική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στην υγεία ενός συγκεκριμένου ατόμου εξαρτάται πάντοτε και από τις συνθήκες ζωής του, σε συνδυασμό με τον βαθμό άμεσων ή έμμεσων έκθεσής του στα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής.<sup>3</sup> Όσο συνεχίζεται η υπερθέρμανση του πλανήτη, επηρεάζοντας όλο και περισσότερους ανθρώπους, ο κίνδυνος δυσμενών επιπτώσεων στην ψυχική υγεία μπορεί να αυξηθεί.<sup>4</sup>

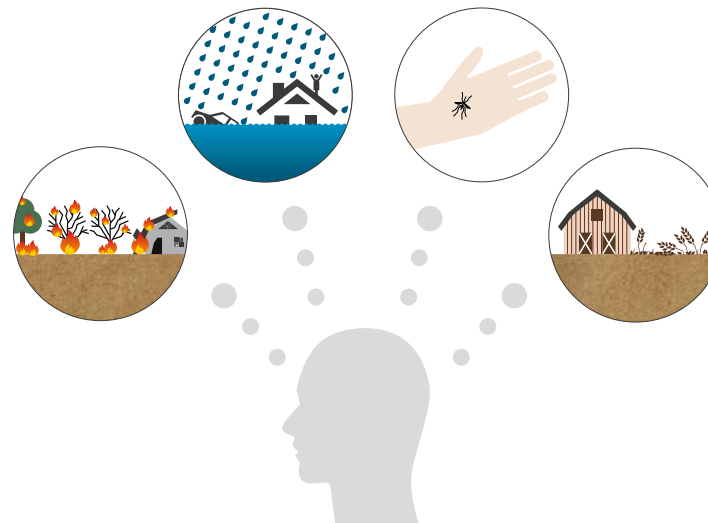
Η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει κι άλλες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, που όμως διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με την περιοχή και το στάδιο οικονομικής ανάπτυξης. Για παράδειγμα, εκτός από την επιφανειακή απορροή θρεπτικών στοιχείων από γεωργικές εκτάσεις, οι υψηλές θερμοκρασίες είναι ένας πρόσθετος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε συχνότερα, πιο παρατεταμένα και πιο εκτεταμένα φαινόμενα υπερτροφισμού στα ποτάμια, τις

λίμνες και τις θάλασσες, όπου οι άλγες και το φυτοπλανκτόν εξαπλώνονται ραγδαία.<sup>5</sup> Μερικά είδη φυτοπλανκτού, όπως τα κυανοβακτήρια, παράγουν τοξίνες που εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό είτε μέσω της τροφικής αλυσίδας είτε με την κατάποση γλυκού ή θαλασσινού νερού, προκαλώντας διάφορες ασθένειες ή ακόμα και θάνατο.<sup>6</sup>

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες επιτρέπουν τον ταχύτερο πολλαπλασιασμό των παθογόνων οργανισμών στα τρόφιμα. Γι' αυτό και θεωρείται πιθανό να σχετίζονται π.χ. με την αυξημένη συχνότητα λοιμώξεων από σαλμονέλλα.<sup>7</sup>

Όταν το θαλασσινό νερό γίνεται πιο ζεστό, ευνοεί τον πολλαπλασιασμό παθογόνων οργανισμών, όπως το βακτήριο της χολέρας. Αυτός είναι ίσως ένας λόγος για την αυξημένη συχνότητα λοιμώξεων σε όσους κολυμπούν στη Βόρειο Θάλασσα.<sup>8,9,10</sup>

→ Λόγω των πολλών και ποικίλων επιπτώσεων που μπορεί να έχει στην υγεία του ανθρώπου, η κλιματική αλλαγή θεωρείται ο μεγαλύτερος παγκόσμιος υγειονομικός κίνδυνος του 21ου αιώνα.<sup>11</sup>





Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

## ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΦΟΡΕΙΣ

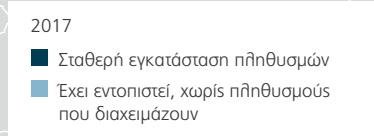
*Ένας οργανισμός χαρακτηρίζεται ως φορέας, αν μπορεί να μεταδώσει παθογόνους μικροοργανισμούς από ένα μολυσμένο ζώο ή άνθρωπο σε άλλα ζώα ή ανθρώπους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα τσιμπούρια και τα κουνούπια.<sup>1</sup>*

Η κλιματική αλλαγή δημιουργεί συνθήκες που ευνοούν τη μετάδοση παθογόνων οργανισμών μέσω φορέων.<sup>2,3</sup> Για παράδειγμα, η παγκοσμιοποίηση και οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες, επέτρεψαν στο ασιατικό κουνούπι-τίγρης (*Aedes albopictus*) να επεκταθεί τις τελευταίες δεκαετίες σε περιοχές της νότιας Ευρώπης.<sup>4,5</sup> Αλλά και σε ορισμένες βορειότερες ευρωπαϊκές περιοχές, λόγω της κλιματικής αλλαγής, οι συνθήκες έχουν γίνει κατάλληλες για τη διαβίωση αυτών των κουνουπιών.<sup>5,6</sup> Το κουνούπι-τίγρης μπορεί να μεταδώσει νοσογόνους παράγοντες, όπως τον ιό του δάγκειου πυρετού και τον ιό τσικουνγκούνια.<sup>5</sup>

Για να μεταδώσει ένα μολυσμένο κουνούπι κάποιον ιό, πρέπει σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα να επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες, που διευκολύνουν τον πολλαπλασιασμό των ιών στα κουνούπια και τη μετάδοσή τους στους ανθρώπους, όταν τους τσιμπήσει μολυσμένο κουνούπι.<sup>7</sup> Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες ευνοούν τη γεωγραφική εξάπλωση του κουνουπιού-τίγρη και επιταχύνουν τον πολλαπλασιασμό των ιών τους οποίους μεταφέρει. Σε συνδυασμό με την παγκοσμιοποίηση, που αυξάνει την πιθανότητα μεταφοράς είτε των κουνουπιών μέσω της εισαγωγής εμπορευμάτων είτε του ιού από ανθρώπους που έχουν προσβληθεί (π.χ. εισερχόμενους ταξιδιώτες), ο κίνδυνος μετάδοσης νόσων αυξάνεται.<sup>2,8</sup>



Εξάπλωση του κουνουπιού-τίγρη στην Ευρώπη



Πηγή στοιχείων του χάρτη στη δεξιά σελίδα: European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) and European Food Safety Authority (EFSA): *Aedes albopictus* – current known distribution, April 2017

## Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΠΟΛΕΙΣ

Ακόμα και χωρίς την κλιματική αλλαγή, οι πόλεις εμφανίζουν υψηλότερες θερμοκρασίες στον αέρα και στην επιφάνεια του εδάφους απ' ό,τι οι λιγότερο δομημένες γύρω περιοχές.

Το πυκνοδομημένο περιβάλλον και οι τεχνητές μη διαπερατές επιφάνειες έχουν ως αποτέλεσμα να απορροφούν οι πόλεις μεγάλη ποσότητα ηλιακής ενέργειας στη διάρκεια της ημέρας και να την αποθηκεύουν στα κτίρια.<sup>1,2,3</sup> Η έκλυση θερμότητας στην ατμόσφαιρα από τα καλοριφέρ ή τα κλιματιστικά συμβάλλει στην περαιτέρω

άνοδο της θερμοκρασίας, ενώ τα εκπεμπόμενα αέρια και σωματίδια επίσης δεσμεύουν θερμότητα (δημιουργώντας νέφος αιθαλομίχλης). Παράλληλα, η πυκνή δόμηση περιορίζει την ανταλλαγή αέρα με τις γύρω περιοχές, άρα όταν στις πόλεις κάνει μεγάλη ζέση, αργεί πιο πολύ να δροσίσει.<sup>4</sup> Επιπλέον, επειδή υπάρχουν γενικά λιγότεροι χώροι πρασίνου, η δροσιστική επίδραση από τη σκίαση και την εξάτμιση είναι ελάχιστη.<sup>2,5</sup> Το αποτέλεσμα είναι ότι – υπό συνθήκες περιορισμένης ανταλλαγής αέρα –

οι θερμοκρασίες στις πόλεις μπορεί να φτάσουν σε επίπεδα μέχρι και 10°C υψηλότερα σε σχέση με τις γύρω μη αστικοποιημένες περιοχές.<sup>6</sup> Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται «αστική θερμική νησίδα» και εκδηλώνεται ιδίως τη νύχτα,<sup>1,6</sup> όταν αποδεσμεύεται όλη η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στα κτίρια. Όταν οι νύχτες είναι πιο ζεστές, επηρεάζεται η ποιότητα του ύπνου και μειώνονται οι ευεργετικές του ιδιότητες.<sup>7,8</sup> Επίσης, οι υψηλότερες θερμοκρασίες

συνεπάγονται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, π.χ. από τα κλιματιστικά.<sup>9</sup>

→ Λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, προβλέπεται ότι οι αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία (σελ. 106) από τις υψηλότερες θερμοκρασίες που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή θα γίνουν ιδιαίτερα αισθητές στις πόλεις.<sup>2,6</sup>

112  
/  
113



## Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑ

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, οι μεταβολές στα πρότυπα βροχοπτώσεων και άλλες συναφείς καιρικές παράμετροι επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών.<sup>1</sup> Μια άνοδος της θερμοκρασίας μέχρι τη «βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης» μπορεί να είναι ευνοϊκή για ορισμένες καλλιέργειες και να αυξήσει την απόδοσή τους. Ωστόσο, αν ξεπεραστεί αυτό το βέλτιστο επίπεδο, η απόδοση της καλλιέργειας αρχίζει να μειώνεται. Για παράδειγμα, ακόμα και μία μόνο ημέρα με θερμοκρασίες πάνω από 30°C μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη του καλαμποκιού και της σόγιας.<sup>2</sup> Αντίστοιχα, οι ακραίες καιρικές συνθήκες, ιδίως η ξηρασία, οι καύσωνες και οι ισχυρές βροχοπτώσεις,<sup>3</sup> έχουν αρνητική επίδραση στην

απόδοση των καλλιεργειών. Από το 2000 έως το 2007 η παγκόσμια παραγωγή δημητριακών μειώθηκε κατά 6,2% περίπου, εξαιτίας της υπερβολικής ζέσης και της ξηρασίας.<sup>4</sup>

Όταν ο αέρας έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub>, πολλά φυτά αντιδρούν βραχυπρόθεσμα μειώνοντας την ποσότητα νερού που αποβάλλουν από τα φύλλα τους με τη διαπνοή και ενισχύοντας ταυτόχρονα τη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα. Αυτό μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη των φυτών, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει επαρκής ποσότητα νερού και θρεπτικών συστατικών. Σ' αυτή την περίπτωση το CO<sub>2</sub> λειτουργεί σαν λίπασμα (CO<sub>2</sub> fertilisation effect).<sup>5,6</sup>

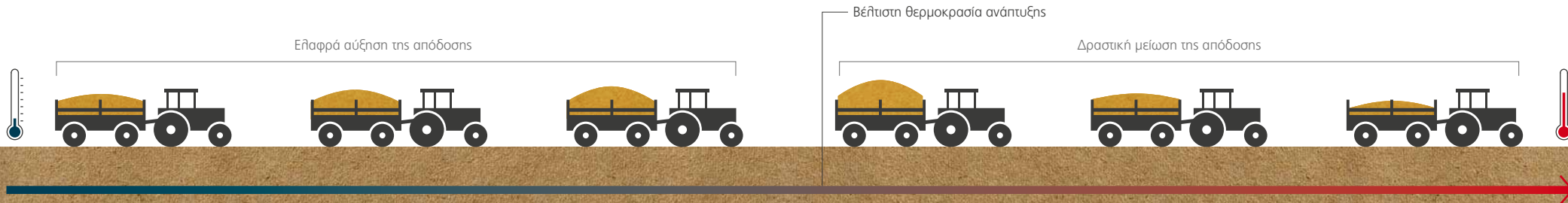
Ός προς το κατά πόσον μπορεί αυτή η επίδραση να αντισταθμίσει, σε ορισμένα μέρη, τη μείωση της γεωργικής παραγωγής που προκαλούν οι μεταβολές της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων, οι εκτιμήσεις ποικίλλουν.<sup>7,8</sup> Πάντως, η αυξημένη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στον αέρα, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών στα φυτά.<sup>9,10</sup>

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει θετική επίδραση στις βορειότερες περιοχές του πλανήτη, όπως η βόρεια Ευρώπη, στον βαθμό που οι υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες είναι δυνατόν να αυξήσουν την απόδοση των καλλιεργειών, αφού η καλλιεργητική περίοδος θα έχει μεγαλύτερη διάρκεια και τα φαινόμενα παγετού

θα γίνουν σπανιότερα.<sup>11,12</sup> Αντίθετα, στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές η κλιματική αλλαγή μάλλον θα επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των καλλιεργειών.<sup>13</sup>

→ Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια κατά 1-2°C (σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα) αναμένεται να έχει μικρή έως μέτρια επίδραση στην απόδοση των καλλιεργειών, αλλά με διαφοροποιήσεις ανάλογα με την περιοχή και το είδος της καλλιέργειας. Ωστόσο, αν η άνοδος της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη, πιθανότατα θα προκαλέσει δραστηκή μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών.<sup>7,14,15</sup>

114  
/  
115



## ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΗ

Την περίοδο 2008-2016, διάφορα καιρικά φαινόμενα – ιδίως καταιγίδες και πλημμύρες – ανάγκασαν κατά μέσο όρο 21,7 εκατομμύρια ανθρώπους τον χρόνο να μεταναστεύσουν μέσα στην ίδια τους τη χώρα. Μάλιστα, το 2016 ο πληθυσμός αυτός ήταν τριπλάσιος από τον αριθμό των εσωτερικών μετακινήσεων λόγω πολέμου και βίας.<sup>1</sup> Οι φυσικές καταστροφές που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα οδηγούν και σε διασυννοριακή μετανάστευση.<sup>2</sup>

Σε συντριπτικά μεγαλύτερο βαθμό επηρεάζονται

οι φτωχότερες ομάδες του πληθυσμού, που ζουν συνήθως σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, όπου οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ιδιαίτερα αισθητές. Αυτοί οι άνθρωποι κατά κανόνα δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή, ενώ και τα μέτρα που λαμβάνει το κράτος είναι συχνά ανεπαρκή. Γι' αυτό, πολλοί αναγκάζονται να μεταναστεύσουν. Αυτές οι ομάδες του πληθυσμού γενικά δεν συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, ωστόσο

είναι αυτές που πλήττονται πιο σοβαρά από τις επιπτώσεις της.<sup>3,4</sup> Σε ακόμα δυσμενέστερη θέση βρίσκονται εκείνοι που δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταναστεύσουν, επειδή δεν έχουν χρήματα ή για άλλους λόγους.<sup>5</sup>

Συνήθως οι λόγοι που ωθούν στη μετανάστευση είναι περισσότεροι από ένας, γι' αυτό και είναι δύσκολο να διακρίνουμε αν μια συγκεκριμένη μετακίνηση οφείλεται στην κλιματική αλλαγή.<sup>3,6</sup> Επίσης είναι δύσκολο να αποδώσουμε π.χ. μία

συγκεκριμένη καταιγίδα στην κλιματική αλλαγή,<sup>7</sup> ωστόσο με την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων λόγω της κλιματικής αλλαγής, θα αυξηθεί και ο αριθμός των ανθρώπων που επηρεάζονται. Κατά συνέπεια, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προσαρμογής, όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα αναγκάζονται να μεταναστεύσουν. Πού θα μεταναστεύσουν, αν θα πρέπει να τους παρέχεται ειδική προστασία κ.λπ., είναι ερωτήματα που παραμένουν αναπάντητα.<sup>8</sup>

116 / 117

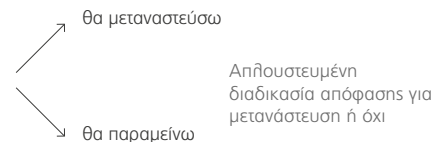
### Αιτίες μετανάστευσης



Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τις αιτίες μετανάστευσης άμεσα ή έμμεσα

Η απόφαση βασίζεται σε:

- προσωπικούς παράγοντες
  - ηλικία, φύλο, οικονομική κατάσταση
- εξωτερικούς παράγοντες
  - γενικές νομικές προϋποθέσεις
  - κόστος μετανάστευσης



Πηγή: Government Office for Science. Foresight: Migration and Global Environmental Change, Final Project Report (2011), London

## Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ

Ο τουρισμός – ιδίως τα αεροπορικά ταξίδια – ευθυνόταν για το 8% περίπου των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2009-2013. Είναι σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζεται από αυτήν.<sup>1</sup> Λόγω της κλιματικής αλλαγής, η περιοχή της Μεσογείου μπορεί να αντιμετωπίσει υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι, που να είναι αφόρητες για πολλούς τουρίστες<sup>2</sup> – ενώ, από την άλλη πλευρά, την άνοιξη και το φθινόπωρο οι συνθήκες μπορεί να είναι πιο άνετες και πιο ευνοϊκές για τα ταξίδια.<sup>3</sup> Χάρη στις αυξημένες θερμοκρασίες, οι περιοχές που βρίσκονται πιο

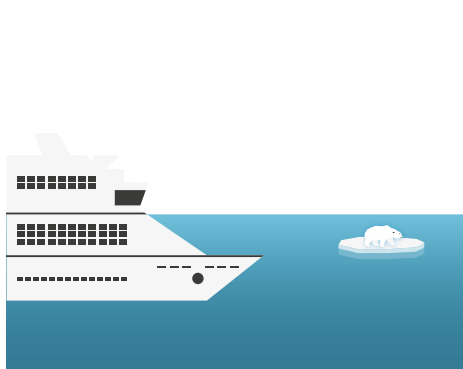
κοντά στους πόλους και σε μεγαλύτερα υψόμετρα μπορεί να επιμηκύνουν την τουριστική τους περίοδο και να γίνουν πιο δημοφιλείς για τους ταξιδιώτες που θέλουν να αποφύγουν τη ζέστη του καλοκαιριού.<sup>2,4</sup>

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα για τον τουρισμό χειμερινών σπορ, δεδομένου ότι υψηλότερες θερμοκρασίες σημαίνουν όλο και λιγότερες περιοχές με εξασφαλισμένη χιονόπτωση.<sup>5,6,7</sup> Πολλά κέντρα χειμερινού τουρισμού θα γίνουν λιγότερο ελκυστικά, αν η χιονόπτωση είναι ασταθής και ανεπαρκής.<sup>8,9,10</sup>

Η κλιματική αλλαγή δεν θα εμποδίσει τον τουρισμό συνολικά, ωστόσο θα προκαλέσει μεταβολές στις τουριστικές ροές.<sup>11</sup> Αφενός ο τουριστικός τομέας θα προσαρμοστεί και αφετέρου η αύξηση του πληθυσμού και της ευημερίας σε παγκόσμιο επίπεδο θα οδηγήσει σε άνοδο του αριθμού των τουριστών.<sup>12,13</sup> Έτσι, ανάλογα με τη μορφή τουρισμού και την περιοχή, ο τουριστικός τομέας θα δεχτεί και θετικές και αρνητικές επιδράσεις, εφόσον η άνοδος της θερμοκρασίας δεν είναι υπερβολική.<sup>12</sup>

Αν όμως η υπερθέρμανση του πλανήτη γίνει πιο έντονη, οι απώλειες για τον τομέα συνολικά θα αντισταθμίσουν τα όποια οφέλη,<sup>14</sup> καθώς τα μέτρα προσαρμογής, όπως η προστασία των ακτών<sup>15</sup> ή η παραγωγή τεχνητού χιονιού, θα είναι ασύμφορα ή αναποτελεσματικά.<sup>5</sup>

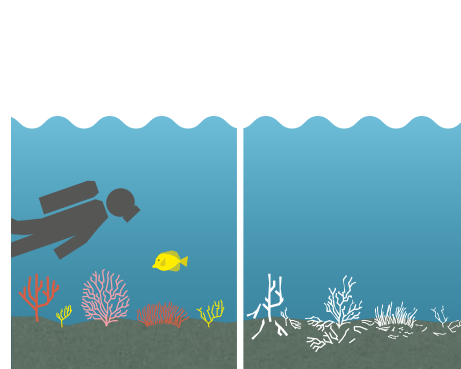
Συχνότερες κρουαζιέρες στην Αρκτική



Λιγότερα χιονοδρομικά κέντρα με εξασφαλισμένη χιονόπτωση



Φυσικά αξιοθέατα απειλούνται με καταστροφή

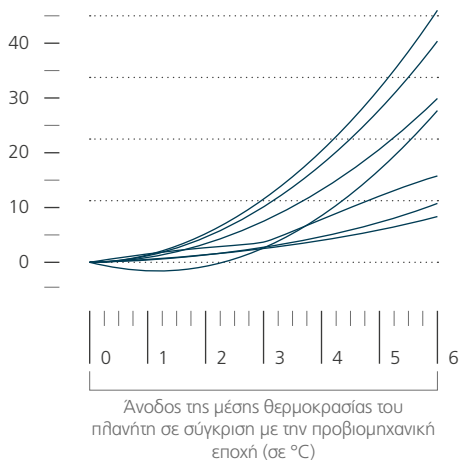


Νησιωτικοί παράδεισοι απειλούνται με εξαφάνιση



## Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ

Διάφοροι υπολογισμοί των ετήσιων ζημιών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής ως % του παγκόσμιου ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος



120 / 121

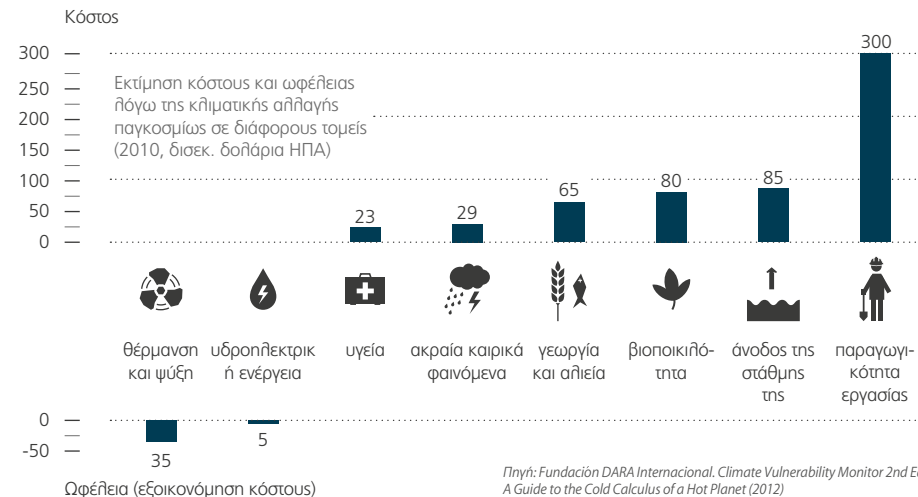
Το οικονομικό κόστος από την κλιματική αλλαγή είναι τριών ειδών. Πρώτον, το κόστος των ζημιών που προκαλούνται π.χ. στα κτίρια και στις υποδομές λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων. Δεύτερον, το κόστος προσαρμογής, με μέτρα όπως η κατασκευή φραγμάτων ή αντιπλημμυρικών έργων.<sup>1</sup> Τρίτον, το κόστος μετριασμού, με μέτρα που έχουν στόχο τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στο μέλλον, π.χ. η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.<sup>2,3</sup>

Είναι εξαιρετικά δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί με ακρίβεια το οικονομικό κόστος της κλιματικής αλλαγής, αφού δεν μπορούν όλες οι κατηγορίες κόστους να καταγραφούν πλήρως και με σαφήνεια.<sup>4</sup> Οι σχετικοί υπολογισμοί εξαρτώνται από τις εκάστοτε παραδοχές,<sup>5</sup> ενώ κάποια είδη κόστους – π.χ. από το ξεπάγωμα των μόνιμα παγωμένων εδαφών – είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν.<sup>6</sup> Γι' αυτό και τα αριθμητικά δεδομένα στο γράφημα δεξιά πρέπει να ερμηνεύονται με επιφύλαξη. Λόγω του υψηλού βαθμού αβεβαιότητας, είναι επίσης εξαιρετικά δύσκολο από καθαρά οικονομικά άποψη να προσδιοριστούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και η κλίμακα στην οποία θα πρέπει να εφαρμοστούν.

Πηγή: © Howard & Sterner (2017)  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-017-0166-z>  
 CC BY 4.0 <https://creativecommons.org/by/4.0/>

Για να περιοριστεί η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη το πολύ σε 1,5°C, απαιτούνται πολύ δαπανηρές επενδύσεις. Για να περιοριστεί σε 3,5°C, το κόστος προσαρμογής θα είναι πολύ μικρότερο,<sup>7</sup> αλλά το κόστος αποκατάστασης των ζημιών θα είναι μεγαλύτερο.<sup>5</sup> Συνολικά, το κόστος μετριασμού είναι πιθανώς πολύ

χαμηλότερο από το κόστος αποκατάστασης των ζημιών που θα προκύψουν αν δεν τεθεί υπό έλεγχο η άνοδος της θερμοκρασίας.<sup>2,8</sup> Σε κάθε περίπτωση, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος να προκληθούν μη αναστρέψιμες ζημιές.<sup>9</sup>



Πηγή: Fundación DARA Internacional, Climate Vulnerability Monitor 2nd Edition. A Guide to the Cold Calculus of a Hot Planet (2012)

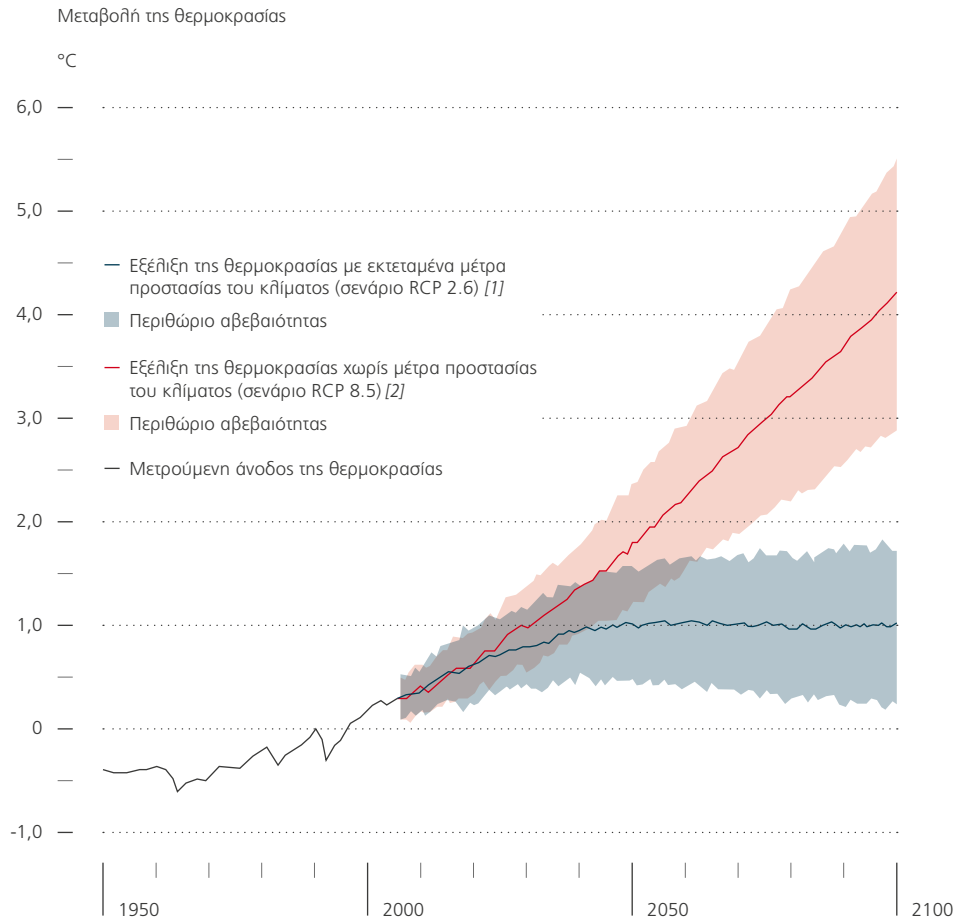
## ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η κλιματική αλλαγή δεν είναι ένα μακρινό ενδεχόμενο και οι επιπτώσεις της δεν αφορούν μόνο την τήξη των πάγων και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Από τα επιστημονικά ευρήματα που περιγράφονται στις προηγούμενες σελίδες γίνεται σαφές ότι ήδη σήμερα πολλοί άνθρωποι και τα μέσα διαβίωσής τους απειλούνται από την κλιματική αλλαγή. Είναι επίσης σαφές ότι, για την άνοδο της θερμοκρασίας από τη βιομηχανική επανάσταση και μετά, ευθύνονται πρωτίστως οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Από αυτό προκύπτει παραδόξως και ένα θετικό μήνυμα: ότι μπορούμε να επηρεάσουμε τη μελλοντική εξέλιξη του κλίματος. Δεν είμαστε ανίσχυροι απέναντι στην κλιματική αλλαγή!

Οι προσομοιώσεις κλιματικών μοντέλων δείχνουν ότι μπορούμε να περιορίσουμε την υπερθέρμανση του πλανήτη, αν μειώσουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου [1].<sup>1</sup> Ωστόσο, από την πρώτη Διάσκεψη του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή, που πραγματοποιήθηκε στο Βερολίνο το 1995, μέχρι τώρα οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί κατά 50% και σήμερα παραμένουν σε επίπεδα ρεκόρ.<sup>2</sup> Αν συνεχίσουμε να εκπέμπουμε μεγάλες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου, η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να είναι ακόμα μεγαλύτερη, έως και 5°C, μέχρι το τέλος αυτού του αιώνα [2].<sup>1</sup> Γι' αυτό πρέπει να συνειδητοποιήσουμε την ευθύνη μας. Το μέλλον του κλίματος είναι στο χέρι μας και από εμάς θα εξαρτηθεί πόσο σοβαρές θα είναι οι συνέπειες από την υπερθέρμανση του πλανήτη!

Γράφημα στη δεξιά σελίδα:  
Εξέλιξη της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια έως το έτος 2100 σε συνάρτηση με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Πηγή: IPCC AR4, WG I (2007)



## ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΚΑΝΟΥΜΕ;

Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια πρέπει να συγκρατηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, αλλιώς οι συνέπειες θα είναι καταστροφικές για εμάς και το περιβάλλον μας. Για να το πετύχουμε, θα πρέπει κατ' αρχήν να αναζητήσουμε την πραγματική προέλευση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρέπει να παραδεχτούμε ότι ουσιαστικά δημιουργούνται από την αλόγιστη συμπεριφορά του ανθρώπου. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται στις δικές μας αποφάσεις: για τις εκπομπές δεν ευθύνεται το αυτοκίνητο, αλλά εμείς που το επιλέγουμε για τις μετακινήσεις μας αντί για

τα δημόσια μέσα μεταφοράς ή το ποδήλατό μας. Οι ατομικές μας προσπάθειες είναι εξίσου σημαντικές με την ανάληψη δράσεων πολιτικής, την επίτευξη βιώσιμης οικονομίας, καθώς και τη διεθνή συνεργασία. Όλοι και όλες μας λοιπόν θα πρέπει να επανεξετάσουμε τη συμπεριφορά μας και να προσανατολιστούμε τις καθημερινές μας αποφάσεις σε έναν βιώσιμο τρόπο ζωής και μια βιώσιμη κοινωνία. Πρέπει επίσης να συμμετέχουμε στον δημόσιο διάλογο και να στηρίζουμε ενεργά τη βιωσιμότητα, την προστασία του κλίματος και του περιβάλλοντος, τόσο στον χώρο εργασίας μας όσο και στην καθημερινότητά μας.

Σ' αυτή την προσπάθεια, ασφαλώς θα συναντήσουμε και αντιστάσεις, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις θα διαπιστώσουμε ότι συμφωνούμε και θα γνωρίσουμε και άλλους ανθρώπους σαν εμάς που θέλουν και αυτοί να αλληλάξουν τον κόσμο. Ένα πράγμα είναι σίγουρο: με τη λογική «ο καθένας για τον εαυτό του» δεν μπορεί να σωθεί ο πλανήτης. Αν όμως όλοι και όλες ευαισθητοποιήσουμε τους γύρω μας για την προστασία του περιβάλλοντος και του κλίματος και αν κάνουμε ό,τι μπορούμε σε κάθε επίπεδο της κοινωνίας, τότε θα μπορέσουμε μαζί να φέρουμε μια ουσιαστική αλλαγή.

David και Christian

Ενεργειακή απόδοση

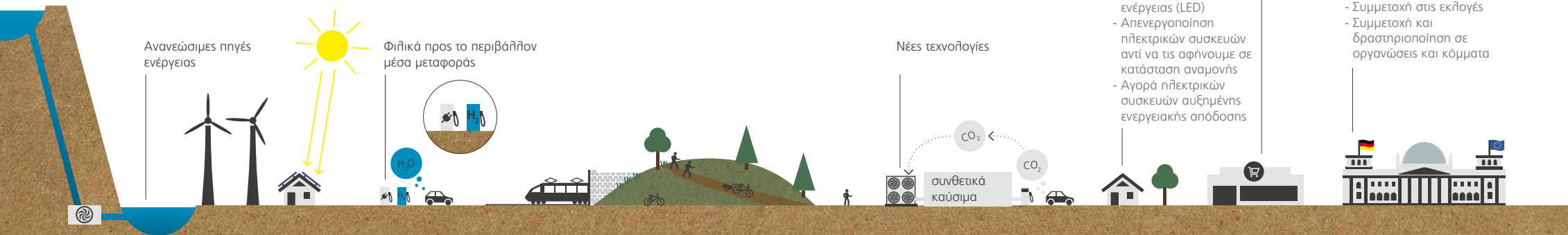
- Μόνωση κτιρίων
- Χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας (LED)
- Απενεργοποίηση ηλεκτρικών συσκευών αντί να τις αφήνουμε σε κατάσταση αναμονής
- Αγορά ηλεκτρικών συσκευών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης

Συμπεριφορά καταναλωτών

- Μικρότερη κατανάλωση κρέατος
- Επενδύσεις με οικολογικό-κοινωνικό πρόσημο
- Πιο μακροχρόνια χρήση των προϊόντων, επισκευή αντί για αντικατάσταση
- Αγορά τοπικών προϊόντων και τροφίμων
- Κοινή χρήση πόρων
- Μείωση και αντιστάθμιση των ατομικών εκπομπών CO<sub>2</sub>

Πολιτική και κοινωνία

- Προώθηση νέων τεχνολογιών και παροχή κινήτρων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Συμμετοχή σε κινητοποιήσεις πολιτών
- Συμμετοχή στις εκλογές
- Συμμετοχή και δραστηριοποίηση σε οργανώσεις και κόμματα





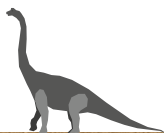
## ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ!

*Ευχαριστούμε θερμά όλους τους επιστήμονες που μας στήριξαν και συνέβαλαν στη δημιουργία αυτού του βιβλίου με τις πολύτιμες και ενδιαφέρουσες συζητήσεις που είχαμε μαζί τους, καθώς και με τα χρήσιμα σχόλια και τις υποδείξεις τους!*

Prof. Dr. Bruno Abegg | Prof. Dr. Kenneth B. Armitage | Dr. Todd Atwood | Prof. Dr. Herrmann Bange | Dr. Christian Barthlott | Dr. Andreas Bauder | Prof. Dr. Jürgen Baumüller | Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein | Prof. Dr. Gerhard Berz | Dr. Tobias Binder | Dr. Boris K. Biskaborn | Prof. Dr. Daniel T. Blumstein | Prof. Dr. Reinhard Böcker | Dr. Benjamin Leon Boudirsky | Frank Böttcher | Prof. Dr. Peter Brandt | Dr. Susanne Breitner | Julia Brugger | Prof. Dr. Nina Buchmann | Dr. Michael Buchwitz | Dr. Paul Caradonna | Prof. Dr. Martin Dameris | Dr. Annika Drews | Markus Dyck | Prof. Dr. Olaf Eisen | Dr. Georg Feulner | Prof. Dr. Andreas H. Fink | Dr. Mark Fleischhauer | Dr. Achim Friker | Prof. Dr. Martin Funk | Dr. Pia Gottschalk | Prof. Dr. Henny Annette Grewe | Prof. Dr. Christian Haas | Prof. Dr. Wilfried Hagg | Dr. Judith Hauck | Majana Heidenreich | Prof. Dr. Martin Heimann | Dr. Peter Hoffmann | Prof. Dr. Corinna Hoose | Dr. Mario Hoppema |

Prof. Dr. Hans-Wolfgang Hubberten | Dr. Amy Iller | Prof. Dr. Kai Jensen | Prof. Dr. Anke Jentsch | Prof. Dr. Konrad Kandler | Dr. Johannes Karstensen | Dr. Stefan Kinne | Prof. Dr. Gernot Klepper | Dr. Stefan Klotz | Prof. Dr. Peter Knippertz | Dr. Annette Kock | Dr. Peter Köhler | Dr. Martina Krämer | Prof. Dr. Lenelis Kruse-Graumann | Prof. Dr. Michael Kunz | Prof. Dr. Wilhelm Kuttler | Dr. Thomas Laepple | Dr. Peter Landschützer | Prof. Dr. Hugues Lantuit | Dr. Josefina Lenz | Prof. Dr. Ingeborg Levin | Dr. Christian Lininger | Prof. Dr. Karin Lochte | Prof. Dr. Gerrit Lohmann | Prof. Dr. Hermann Lotze-Campen | Dr. Remigus Manderscheid | Prof. Dr. Ben Marzeion | Prof. Dr. Katja Matthes | Prof. Dr. Egbert Matzner | Prof. Dr. Marius Mayer | Dr. Hanno Meyer | Prof. Dr. Peter Molnar | Dr. Anne Morgenstern | Prof. Dr. Dr. h. c. Volker Mosbrugger | Dr. Ulrike Niemeier | Dr. Hans Oerter | Prof. Dr. Dirk Olbers | Dr. Marilena Oltmanns | Dr. Daniel Osberghaus |

| Prof. Dr. Arpat Ozgul | Prof. Dr. Anthony Patt | Dr. André Paul | Prof. Dr. Roland Psenner | Prof. Dr. Johannes Quaas | Dr. Volker Rachold | Prof. Dr. Stefan Rahmstorf | Dr. Maximilian Reuter | Prof. Dr. Mathias Rotach | Dr. Heli Routti | Dr. Ingo Sasgen | Bernhard Schauburger | Lukas Schefczyk | Prof. Dr. Jürgen Scheffran | Dr. Hauke Schmidt | Prof. Dr. Imke Schmitt | Prof. Dr. Jürgen Schmude | Dr. Alexandra Schneider | Prof. Dr. Christian-Dietrich Schönwiese | Prof. Dr. Josef Settele | Prof. Dr. Ruben Sommaruga | Prof. Dr. Christian Sonne | Dr. Sebastian Sonntag | Dr. Robert Steiger | Dr. Christian Stepanek | Dr. Sebastian Strunz | Kira Vinke | Prof. Dr. Martin Visbeck | Dr. Peter von der Gathen | Dr. Mathis Wackernagel | Dr. Frank Wagner | Prof. Dr. Heinz Wanner | Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel | Dr. Rolf Weller | Dr. Martin Werner | Prof. Dr. Georg Wohlfahrt | Prof. Dr. Harald Zeiss | Dr. Yves Plancherel



Ευχαριστούμε



Επιστήμονες

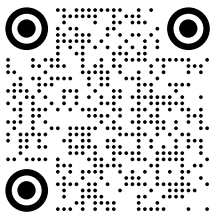
ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΜΑΘΕΤΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ;

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Όλες οι πηγές στις οποίες παραπέμπει το βιβλίο περιλαμβάνονται στην ψηφιακή βιβλιογραφία. Εκεί θα βρείτε επίσης ενδιαφέρουσες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη και δικτυακούς τόπους που καλύπτουν διεξοδικότερα τα επιμέρους θέματα.

Για να ανατρέξετε στη βιβλιογραφία, χρησιμοποιήστε τον κωδικό QR ως εξής:

1. Κατεβάστε μια εφαρμογή σάρωσης κωδικών QR στο smartphone ή το tablet σας.
2. Σαρώστε τον κωδικό QR που εμφανίζεται πιο κάτω.



3. Ανοίγει η ψηφιακή βιβλιογραφία. Με κλικ στον αριθμό σελίδας, εμφανίζονται όλες οι πηγές στις οποίες παραπέμπει η συγκεκριμένη σελίδα.

Η ψηφιακή βιβλιογραφία είναι επίσης διαθέσιμη στον παρακάτω σύνδεσμο:  
[www.klimawandel-buch.de/literaturverzeichnis](http://www.klimawandel-buch.de/literaturverzeichnis)

Βιβλιογραφία

ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Συγγραφείς:  
David Nelles  
Christian Serrer

Starenweg 19  
88045 Friedrichshafen  
Germany

[info@klimawandel-buch.de](mailto:info@klimawandel-buch.de)  
[www.klimawandel-buch.de](http://www.klimawandel-buch.de)

Καλλιτεχνική επιμέλεια,  
μακέτα εξωφύλλου και  
εικονογράφηση:  
Lisa Schwegler  
[www.pr11.eu](http://www.pr11.eu)

Εικονογράφηση:  
Stefan Kraiss  
[www.17k.de](http://www.17k.de)

Janna Geiße  
[www.jannageisse.de](http://www.jannageisse.de)

Σύμβουλος οπτικής  
επικοινωνίας:  
Stefan Kraiss

Μετάφραση:  
Τμήμα Εκδόσεων και Μεταφράσεων,  
Διεύθυνση Οικονομικής Ανάλυσης και  
Μελετών, Τράπεζα της Ελλάδος

Διόρθωση:  
Χριστίνα Λιναρδάκη,  
Κέντρο Πολιτισμού, Έρευνας και  
Τεκμηρίωσης, Τράπεζα της Ελλάδος

Γραφιστική επεξεργασία:  
Κατερίνα Μαργέτη, Νίκος Δουγέκος

Εκτύπωση και βιβλιοδεσία:  
Ίδρυμα Εκτύπωσης Τραπεζογραμματίων  
και Αξιών, Τράπεζα της Ελλάδος

Συντελεστές

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ζητήσουμε συγγνώμη από τους γονείς μας για την αναστάτωση που τους προκαλέσαμε. Τους ευχαριστούμε κι αυτούς και τα αδέρφια μας για τη στήριξή τους.



ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΙ ΠΙΣΩ ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ

## ΟΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Ο David Nelles και ο Christian Serrer σπουδάζουν Οικονομικά στο Πανεπιστήμιο του Friedrichshafen στη Γερμανία. Διαπίστωσαν ότι υπάρχει αρκετή σύγχυση γύρω από το θέμα της κλιματικής αλλαγής, για το οποίο γίνεται πολύς λόγος και ακούγονται διάφορες απόψεις. Αποφάσισαν λοιπόν να βρουν μόνοι τους τις απαντήσεις. Η αλήθεια είναι όμως ότι δεν είχαν διάθεση να μελετήσουν ογκώδη επιστημονικά συγγράμματα. Η ελπίδα τους ήταν να βρουν ένα βιβλίο που να εξηγεί τα βασικά για την κλιματική αλλαγή και να παρουσιάζει τα επιστημονικά δεδομένα με τρόπο συνοπτικό και ευχάριστο. Αφού έψαξαν πολύ καιρό χωρίς αποτέλεσμα, τελικά αποφάσισαν να γράψουν μόνοι τους ένα τέτοιο βιβλίο.

Στόχος του David και του Christian ήταν το βιβλίο τους να φτάσει σε όσο το δυνατόν περισσότερους αναγνώστες. Έτσι, ίδρυσαν τον δικό τους εκδοτικό οίκο για την παραγωγή και διανομή του βιβλίου. Αναζήτησαν γραφίστες με οικολογική συνείδηση, ένα περιβαλλοντικά υπεύθυνο τυπογραφείο, καθώς και διάφορους συνεργάτες για την προώθηση του βιβλίου και χορηγούς. Στη συνέχεια, ασχολήθηκαν εντατικά



με την έρευνα και είχαν πολλές ενδιαφέρουσες συζητήσεις με επιστήμονες και ειδικούς. Μετά από έναν ολόκληρο χρόνο δουλειάς, έφτασε η μεγάλη στιγμή που βγήκαν οι πρώτες σελίδες από το πιεστήριο. Με αυτό το βιβλίο, ο David και ο Christian φιλοδοξούν να εξηγήσουν με όσο γίνεται πιο απλά λόγια τα αίτια και τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και να ευαισθητοποιήσουν ακόμα περισσότερους ανθρώπους, ώστε να δώσουν προτεραιότητα στην προστασία του περιβάλλοντος και του κλίματος.



# ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ BESTSELLER ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ Ο,ΤΙ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Εγκεκριμένο από τουλάχιστον 100 επιστήμονες, απλά γραμμένο και εικονογραφημένο με τρόπο κατανοητό για όλο τον κόσμο, αυτό το βιβλίο παρουσιάζει απλά και συνοπτικά ό,τι πρέπει να γνωρίζετε για το πιο σημαντικό ζήτημα της εποχής μας.

Ο DAVID NELLES και ο CHRISTIAN SERRER είναι φοιτητές στη Γερμανία. Επειδή δεν κατάφεραν να βρουν ένα βιβλίο που να εξηγεί την κλιματική αλλαγή με εύληπτο και ευχάριστο τρόπο, αποφάσισαν να το γράψουν μόνοι τους.

