



Περιφερειακό Σχέδιο για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

(Πε.Σ.Π.Κ.Α.) Περιφέρεια Αττικής

Σενάρια κλιματικής αλλαγής



Δρ. Χρήστος Γιαννακόπουλος
Διευθυντής Ερευνών ΙΕΠΒΑ / Εθνικό
Αστεροσκοπείο Αθηνών

9 / 12 / 2020



Περιεχόμενα παρουσίασης



- Χαρακτηριστικά της κλιματικής αλλαγής και περιγραφή κλιματικών μοντέλων και κλιματικών σεναρίων
- Περιγραφή μοντέλων προς αξιολόγηση
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων αξιολόγησης και επιλογή καταλληλότερου μοντέλου για δημιουργία προσομοιώσεων
- Κλίμα και δείκτες ακραίων καιρικών καταστάσεων περιόδου αναφοράς
- Εκτίμηση κλιματικών αλλαγών όσον αφορά σε θερμοκρασία, βροχόπτωση, σχετική υγρασία, άνεμο και στάθμη θάλασσας



Κλιματική αλλαγή

Οι εγκυρότερες **εκθέσεις για την κλιματική αλλαγή** έχουν δημοσιευτεί από τη διακυβερνητική επιτροπή **IPCC** και το πρόγραμμα **UNEP** του ΟΗΕ. Σκοπός είναι η αξιολόγηση της υπάρχουσας επιστημονικής γνώσης για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής.

Τα ακραία και επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα, όπως τα **κύματα καύσωνα**, οι **πλημμύρες** και ο **ασυνήθιστα κρύος καιρός**, εμφανίζονται όλο και πιο συχνά. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν οδηγήσει σε άνοδο της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά περίπου 1°C σε σύγκριση με τα επίπεδα πριν από τη βιομηχανική επανάσταση (IPCC 2018).

Τα αποτελέσματα της μεγάλης πλειοψηφίας των κλιματικών μοντέλων, συμφωνούν στο ότι τα επόμενα χρόνια θα προκύψει **αύξηση στην ένταση των ακραίων περιστατικών ζέστης με τη Νότια Ευρώπη** και την περιοχή της **Μεσογείου** να είναι

από τις περιοχές του πλανήτη που θα πληγούν ιδιαίτερα.



Κλιματικά μοντέλα

Τα κλιματικά μοντέλα, επίσης γνωστά ως **μοντέλα γενικής κυκλοφορίας** ή GCM, προσομοιώνουν την εξέλιξη του κλίματος για ολόκληρο τον πλανήτη. Χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους για να προσομοιώσουν τις αλληλεπιδράσεις της **ατμόσφαιρας** με τους **ωκεανούς**, την **επιφάνεια της γης** και τις **πολικές περιοχές**. Η πιο διαδεδομένη χρήση των κλιματικών μοντέλων τα τελευταία χρόνια είναι η εκτίμηση της πορείας της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου (κλιματική αλλαγή).

Τα GCM διαθέτουν μη επαρκή χωρική διακριτική ικανότητα. Το κενό αυτό καλύπτουν τα **περιοχικά κλιματικά μοντέλα** ή RCM, τα οποία χρησιμοποιούν γενικά τις ίδιες αρχές της φυσικής, αλλά παρέχουν **εξαγωγή** για μέρος του πλανήτη σε **υψηλότερη διακριτική ικανότητα** και τυπικά μεταξύ 10-50





Κλιματικά σενάρια

Έχουν προταθεί **τέσσερα κλιματικά σενάρια εκπομπών** αερίων (Representative Concentration Pathways - RCPs) από την IPCC:

ένα **ήπιο** σενάριο (**RCP2.6**), δύο **μέτρια** (**RCP4.5** και **RCP6.0**) και ένα σενάριο με **πολύ υψηλές συγκεντρώσεις εκλυόμενων αερίων** του θερμοκηπίου (**RCP8.5**). Το RCP2.6 είναι ένα αντιπροσωπευτικό σενάριο στο οποίο η αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας συγκριτικά με την προ-βιομηχανική εποχή εκτιμάται κάτω από 2°C



Μοντέλα που αξιολογούνται

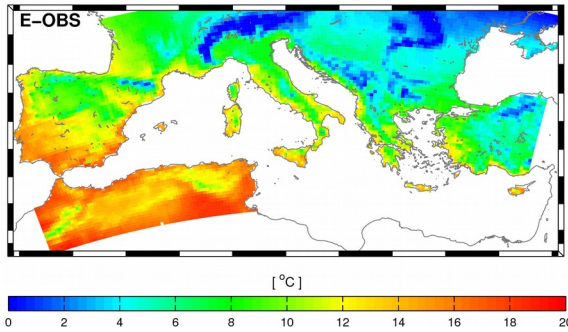


Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας **τέσσερα** περιοχικά κλιματικά μοντέλα του **EURO-CORDEX** με 12km οριζόντια ανάλυση:

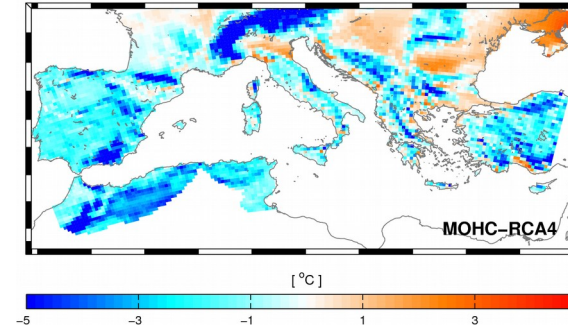
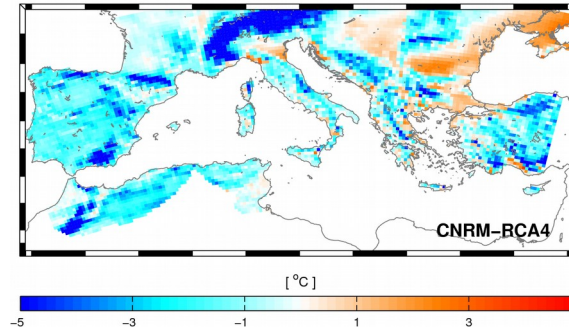
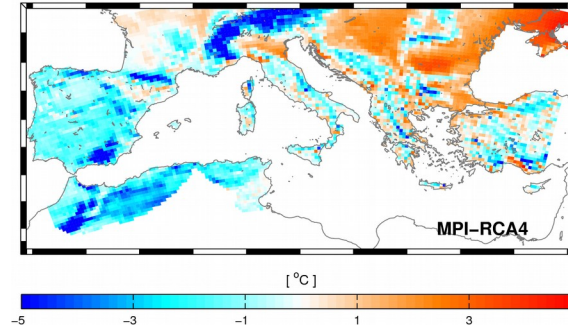
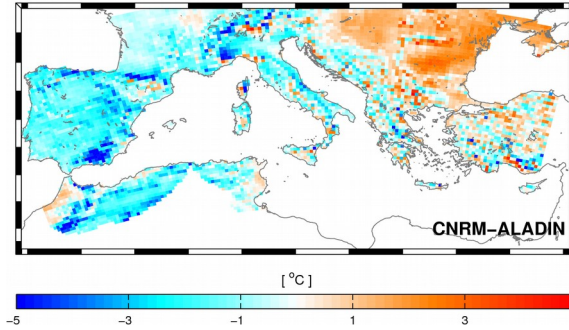
- **CNRM-RCA4**
- **MOHC-RCA4**
- **MPI-RCA4.**
- **CNRM-ALADIN.**



Αξιολόγηση: προσομοιωμένο και παρατηρημένο κλίμα



Δεδομένα αναφοράς E-OBS



Μέση χειμερινή απόκλιση της μέγιστης θερμοκρασίας για όλα τα μοντέλα για την περίοδο 1971-2005

Για την Αθήνα όλα τα μοντέλα αποκλίνουν από τα E-OBS από -0.5 έως

0.5 °C -> επιλέχθηκαν τα MOHC-RCA4 και MPI-RCA4



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδος και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Προσομοιώσεις με υψηλή χωρική ανάλυση



Συνδυάστηκαν αποτελέσματα του περιοχικού μοντέλου WRF με αυτά του περιοχικού κλιματικού μοντέλου MPI-RCA4 για να παραχθούν κλιματικές προσομοιώσεις σε υψηλή χωρική ανάλυση (1x1 km).



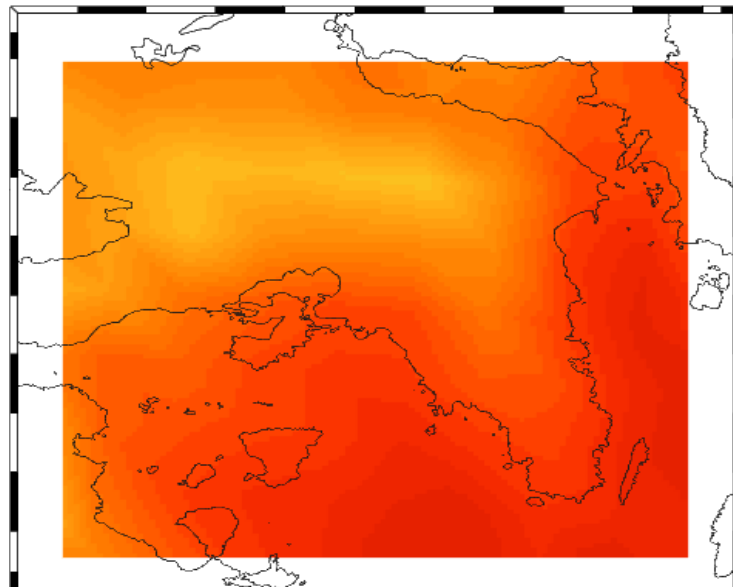
Συνδυάζεται η υψηλή χωρική ανάλυση του WRF με τις πολυετείς μελλοντικές προσομοιώσεις του περιοχικού κλιματικού μοντέλου



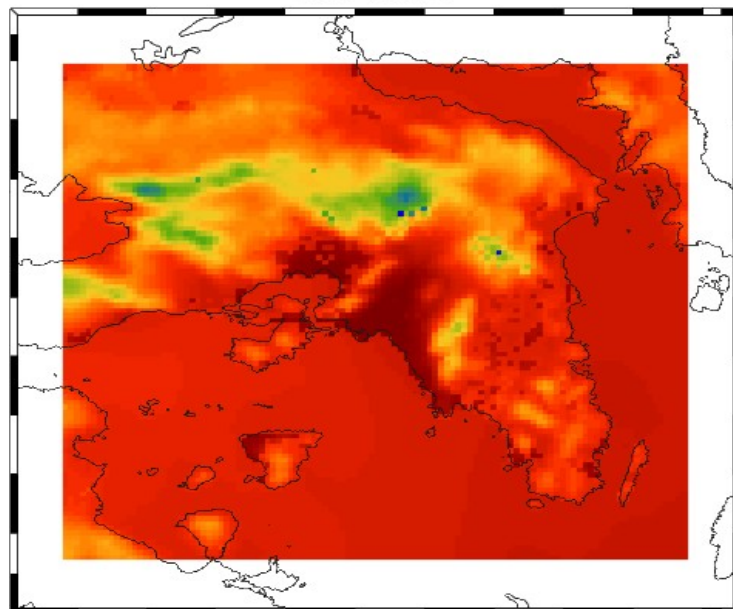
Προσομοιώσεις με υψηλή χωρική ανάλυση



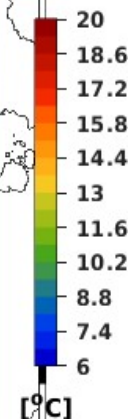
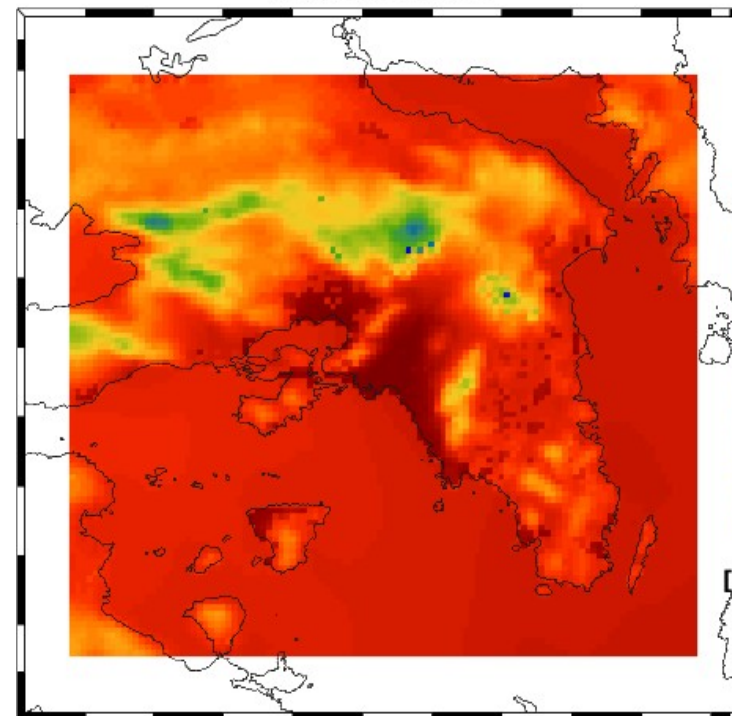
ERA RCA4 REGRIDDED to 1x1km



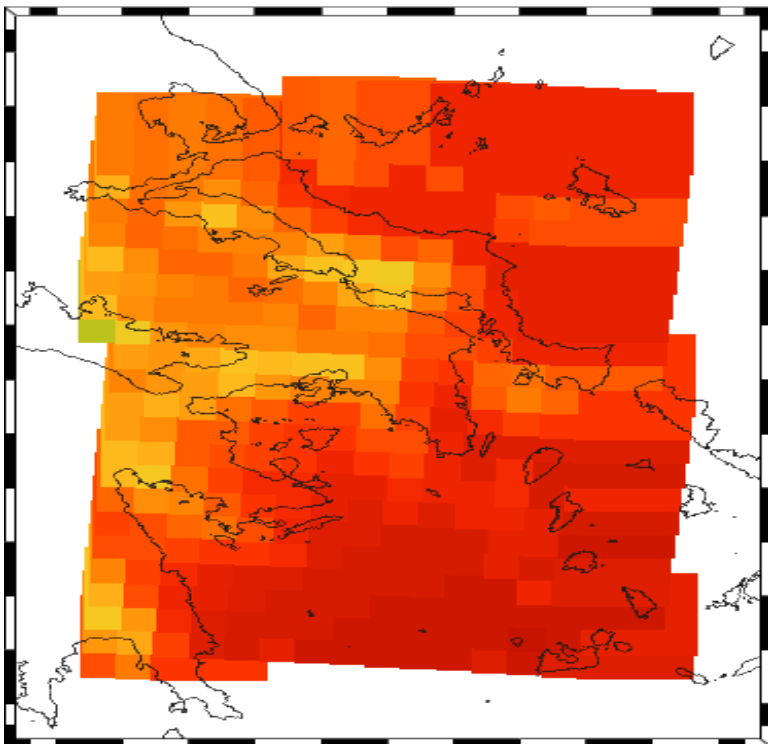
WRF 1x1km



ERA RCA4 1x1km

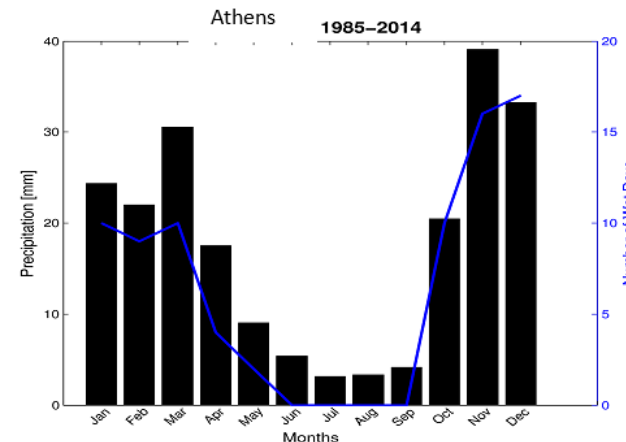
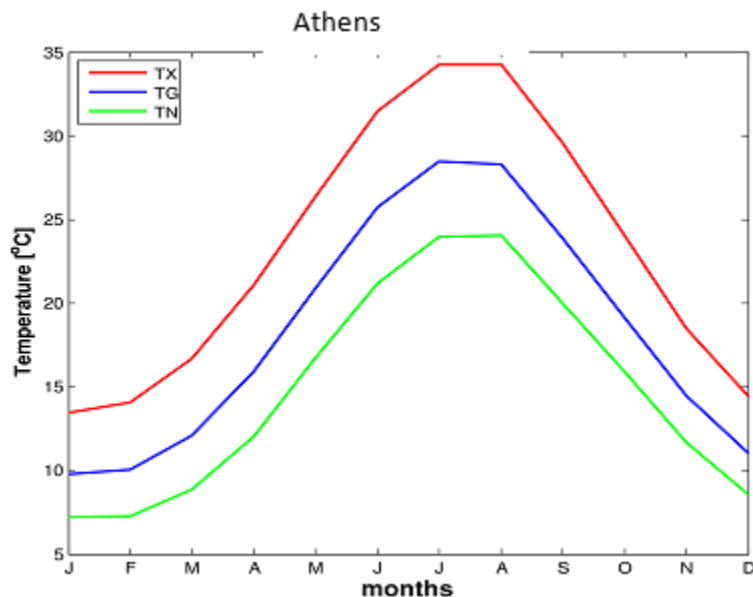


ERA RCA4 ~12x12km





Κλίμα περιόδου αναφοράς από παρατηρήσεις

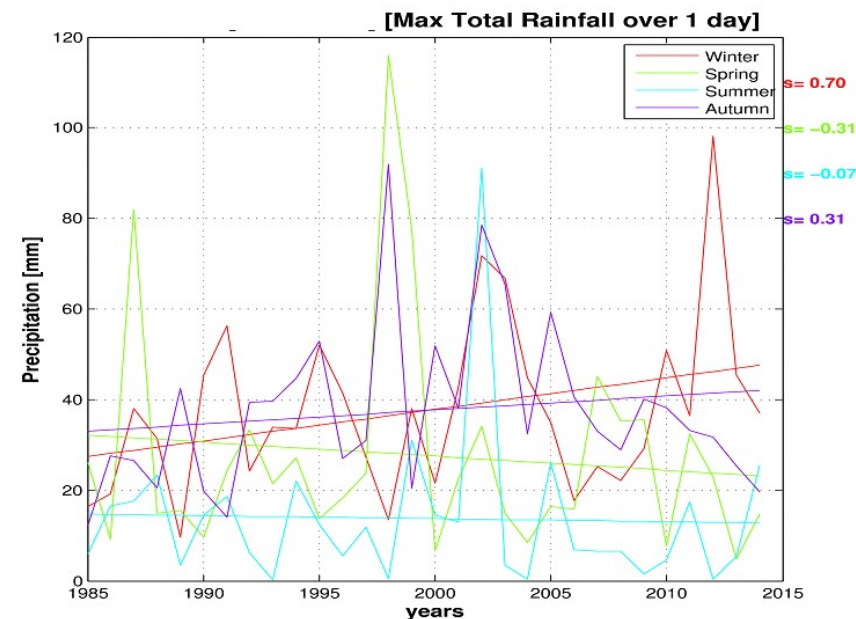
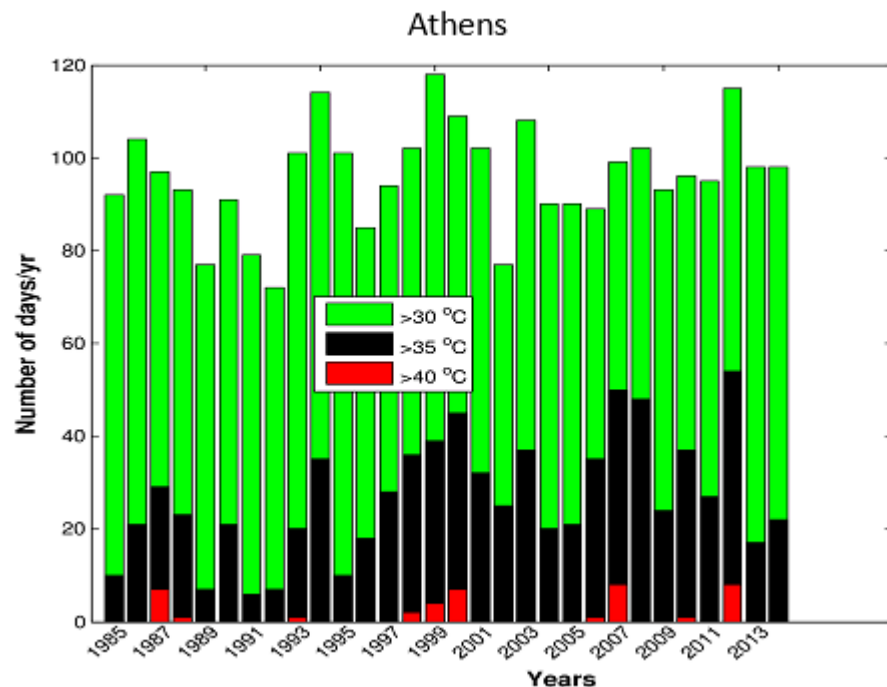


Μέση μηνιαία **θερμοκρασία** στην Αθήνα την περίοδο 1985-2014. Η κόκκινη, μπλε και πράσινη καμπύλη αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη, μέση και ελάχιστη θερμοκρασία, αντίστοιχα

Ετήσια κατανομή της **βροχόπτωσης** για την περίοδο 1985-2014 (μαύρες μπάρες) και αριθμός υγρών ημερών (ημερήσια βροχόπτωση > 1mm) ανά μήνα (μπλε καμπύλη) για τον σταθμό της Αθήνας



Δείκτες ακραίων καιρικών καταστάσεων



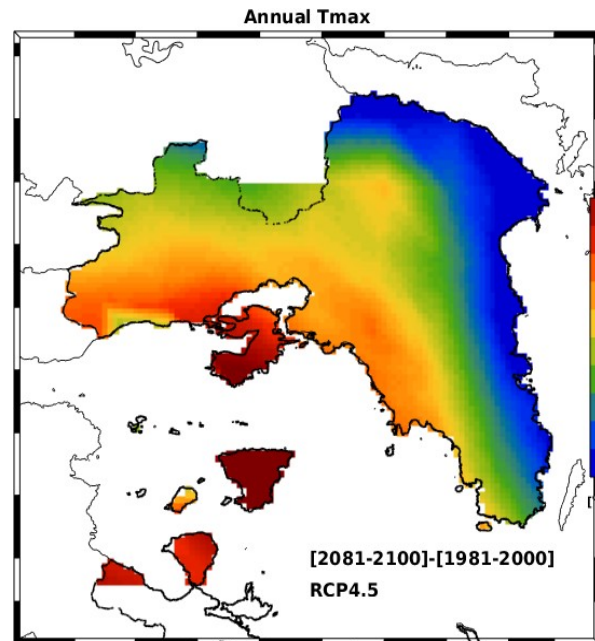
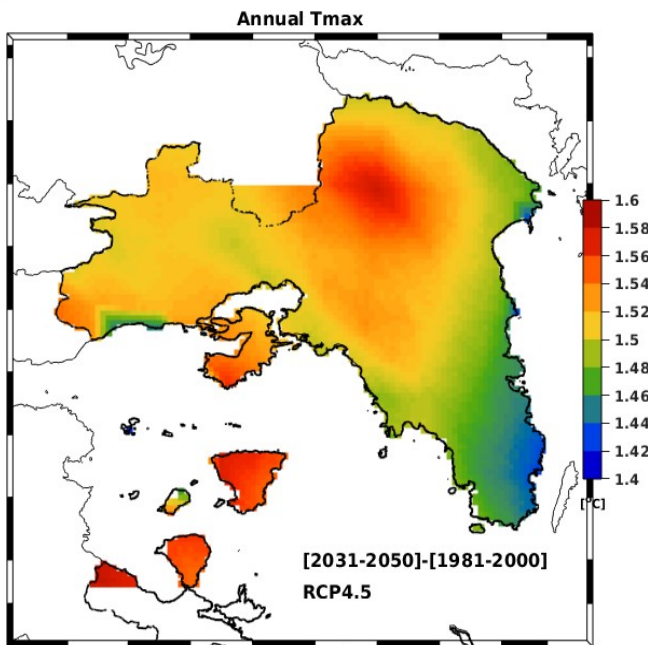
Ετήσιος αριθμός ημερών κατά τις οποίες η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία ξεπερνά τους 30°C (πράσινες μπάρες), 35°C (μαύρες μπάρες) και 40°C (κόκκινες μπάρες) στην Αθήνα την περίοδο 1985-2014

Μέγιστη ετήσια βροχόπτωση κατά τη διάρκεια μίας (1) ημέρας για την περίοδο 1985-2014 στην Αθήνα

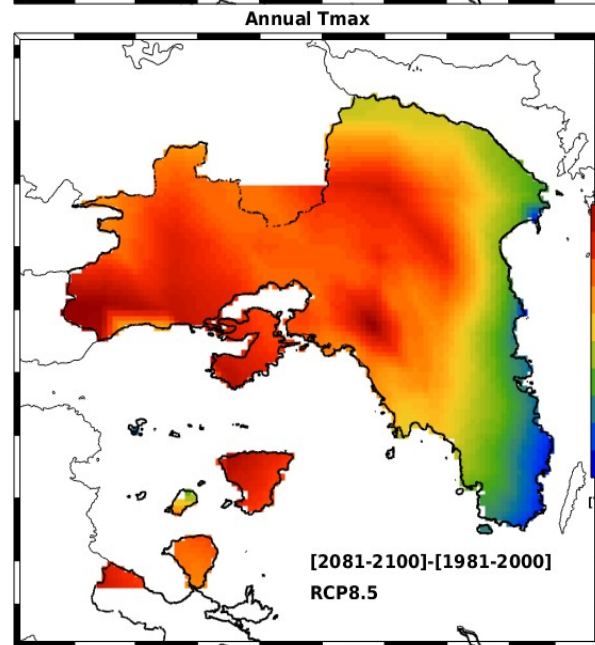
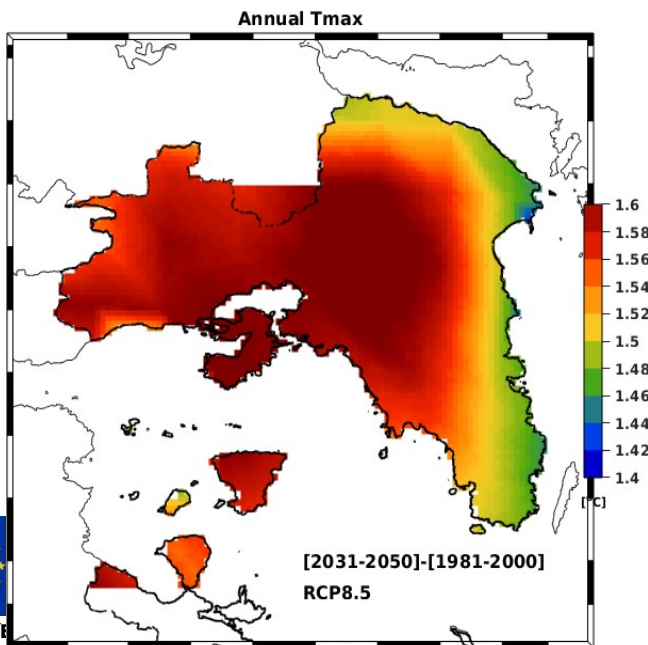
Εκτίμηση κλιματικών αλλαγών



RCP4.5



RCP8.5



Μεταβολές της ετησιας μέσης μέγιστης θερμοκρασίας) για την Αττική

Αριστερά : οι μεταβολές μεταξύ εγγύς μέλλοντος (2031-2060)

και περιόδου αναφοράς

Δεξιά: οι μεταβολές μεταξύ απώτερου μέλλοντος (2071-2100)

και περιόδου αναφοράς.

Για τα σενάρια RCP4.5 (επάνω) και RCP8.5 (κάτω)

Στο εγγύς μέλλον αναμένονται αυξήσεις που κυμαίνονται από 1.5°C/RCP4.5 (1.6°C/ RCP8.5)

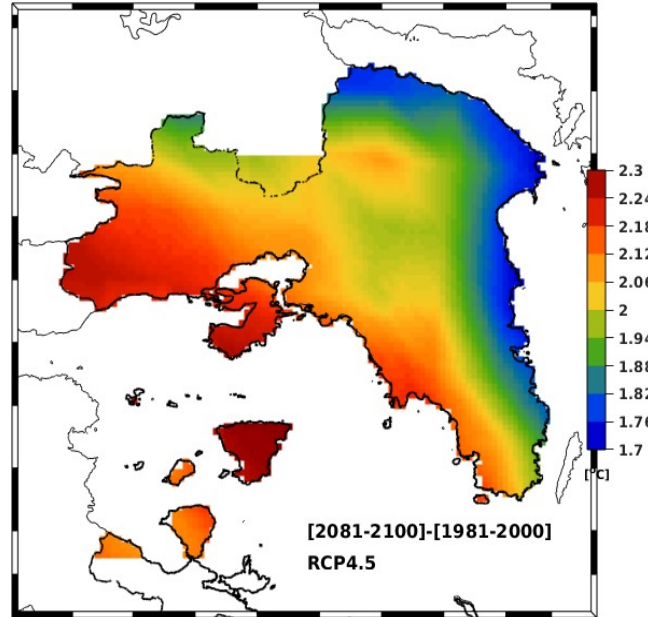
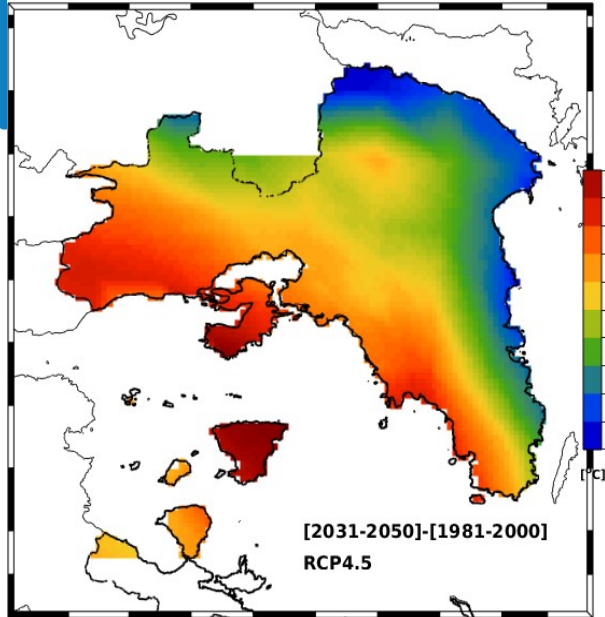
στον αστικό ιστό

Στο απώτερο μέλλον οι εκτιμώμενες αυξήσεις κυμαίνονται από 1.8°C/RCP4.5 (4.5°C/ RCP8.5) στα Βόρεια και ανατολικά

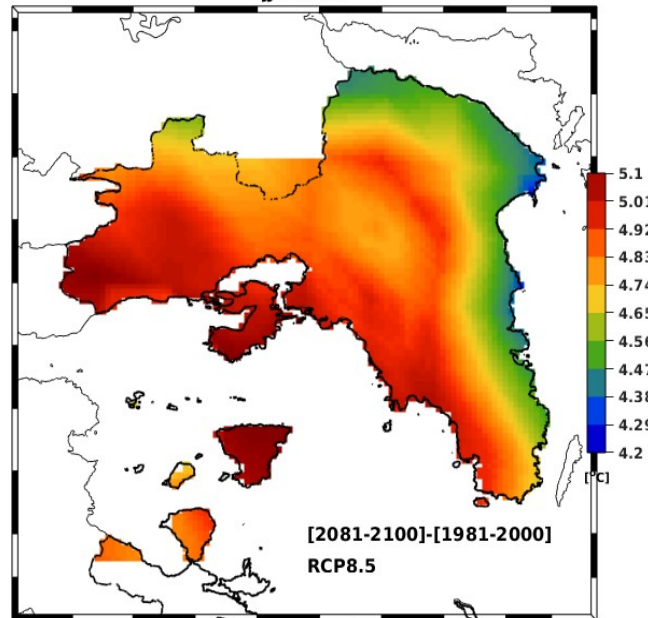
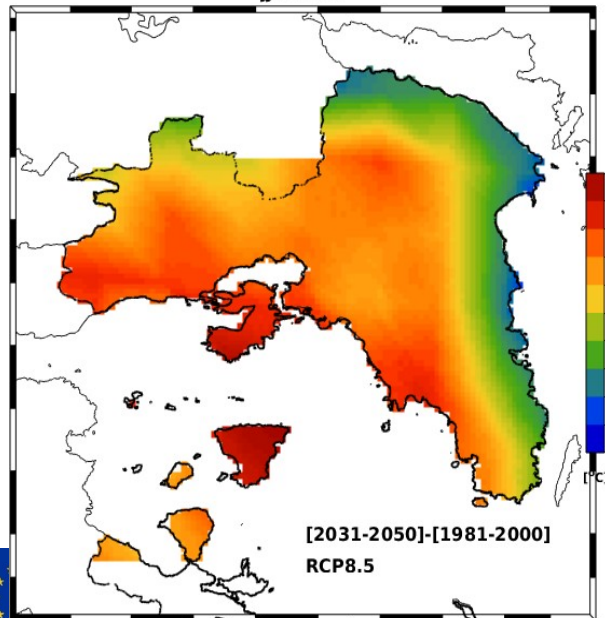
Μέχρι 1.9°C/RCP4.5 (4.8°C/ RCP8.5)

Μέγιστη μέση Θερμοκρασία- Καλοκαίρι

RCP4.5



RCP8.5



Μεταβολές της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας- κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (JJA Tmax) για την Αττική

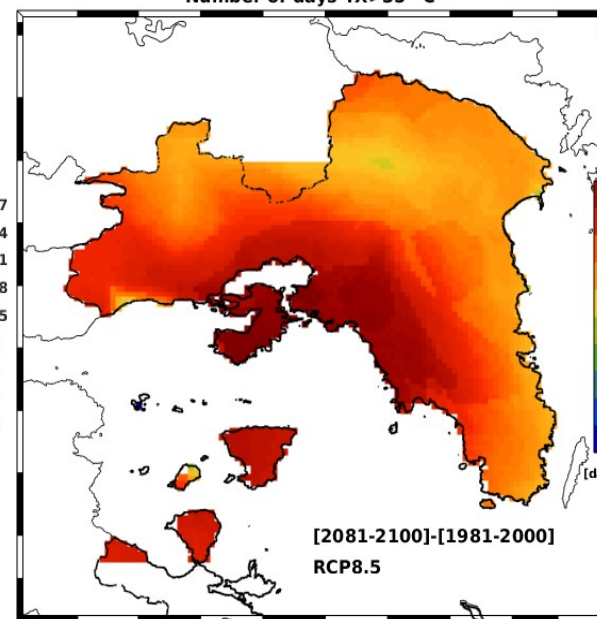
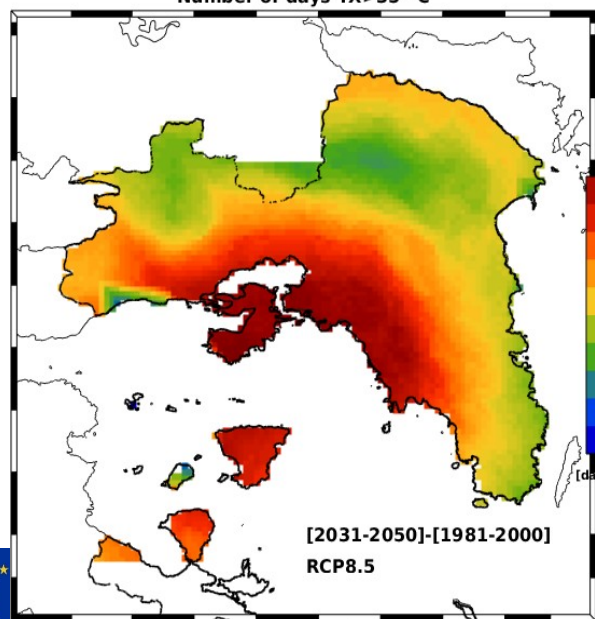
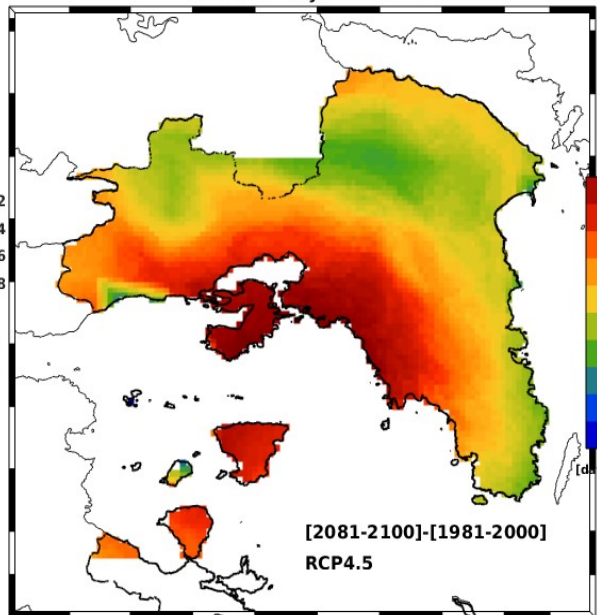
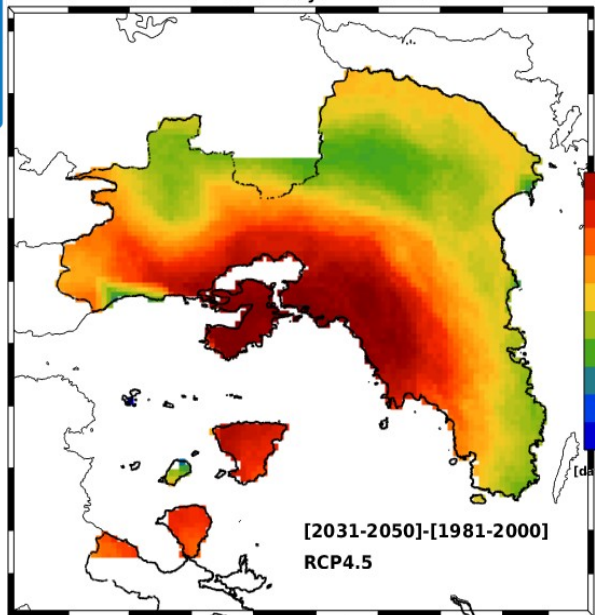
Στο εγγύς μέλλον αναμένονται αυξήσεις στην Καλοκαιρινή Tmax που κυμαίνονται από **1.3°C/RCP4.5** (**1.8°C/ RCP8.5**) **Βόρεια και ανατολικά** μέχρι **~1.65°C/RCP4.5** (**~2°C/ RCP8.5**) **στον αστικό ιστό**

Στο απώτερο μέλλον οι εκτιμώμενες αυξήσεις κυμαίνονται από **1.7°C/RCP4.5** (**4.5°C/ RCP8.5**) στα **Βόρεια και ανατολικά** Μέχρι **~2.0°C/RCP4.5** (**~5°C/ RCP8.5**) **στον αστικό ιστό**

Αριθμός Ημερών με $T_{max} > 35^{\circ}C$ - ημέρες καύσωνα

Number of days $TX > 35^{\circ}C$

Number of days $TX > 35^{\circ}C$



Μεταβολές του ετήσιου αριθμού ημερών με $T_{max} > 35^{\circ}C$ -ημέρες καύσωνα για την Αττική

Στο εγγύς μέλλον αναμένονται αυξήσεις στις ημέρες καύσωνα που κυμαίνονται Από 7ημ/RCP4.5 (9ημ/ RCP8.5) Βόρεια και ανατολικά Μέχρι 18ημ/RCP4.5 (23ημ/ RCP8.5) αστικός ιστός

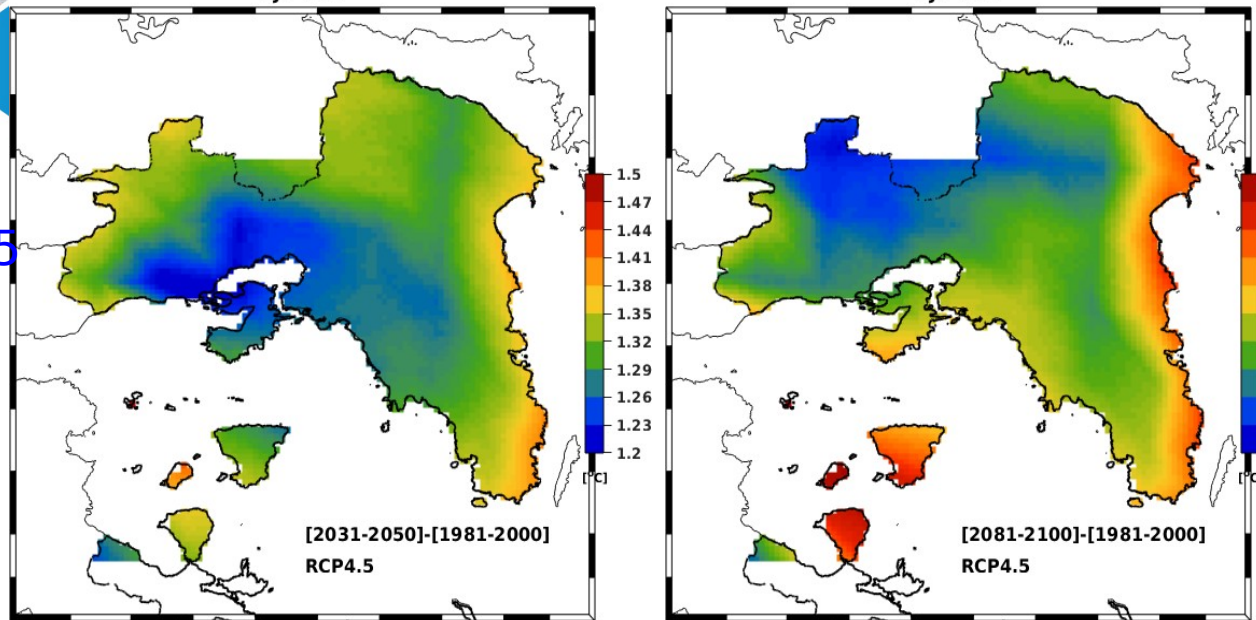
Στο απώτερο μέλλον οι εκτιμώμενες αυξήσεις κυμαίνονται από 10ημ/RCP4.5 (40ημ/ RCP8.5) Βόρεια και ανατολικά Μέχρι 25ημ/RCP4.5 (67ημ/ RCP8.5) αστικός ιστός

RCP4.5

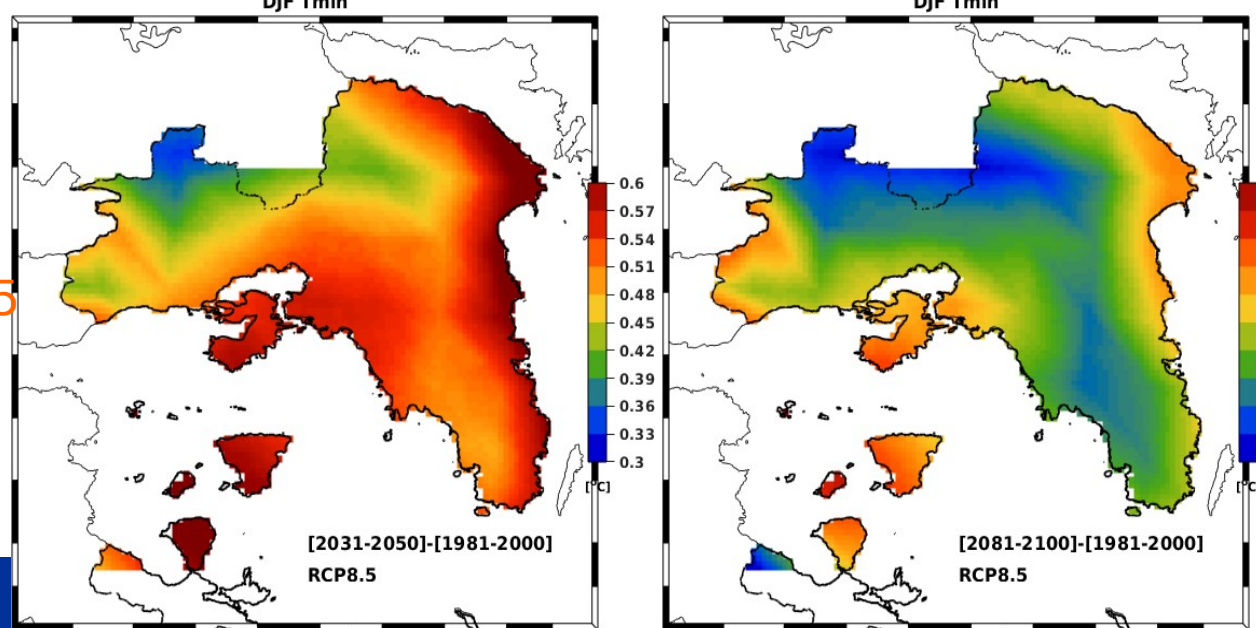
RCP8.5

Ελάχιστη μέση Θερμοκρασία- Χειμώνας

RCP4.5



RCP8.5



Μεταβολές της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας- κατά τη διάρκεια του χειμώνα (**DJF Tmin**) για την Αττική

Στο εγγύς μέλλον οι αυξήσεις στην Tmin χειμώνα είναι **1.35°C/RCP4.5 (0.6°C/RCP8.5)** σχεδόν για **ολη την Αττική** με μικρές διαφορες μεταξύ ΒΑ , ΔΝ και Κέντρου

Στο απώτερο μέλλον οι εκτιμώμενες αυξήσεις κυμαίνονται από **1.36°C/RCP4.5 (3.8°C/RCP8.5)** για ολη **Αττική με λίγο πιο υψηλες τιμές στις παραλιακές περιοχές**

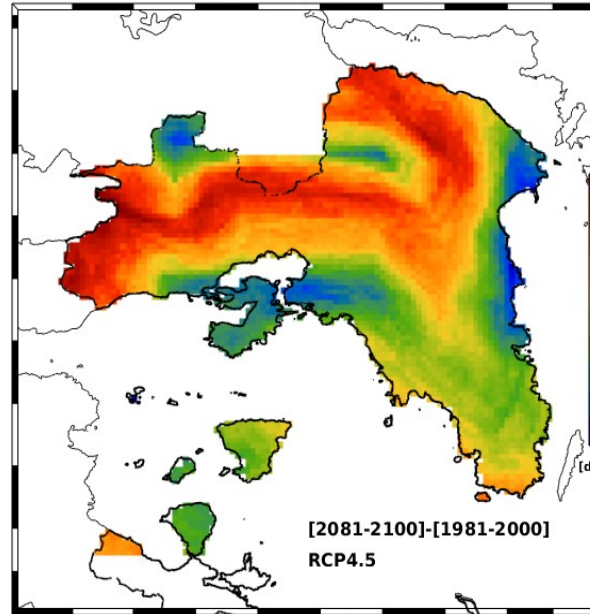
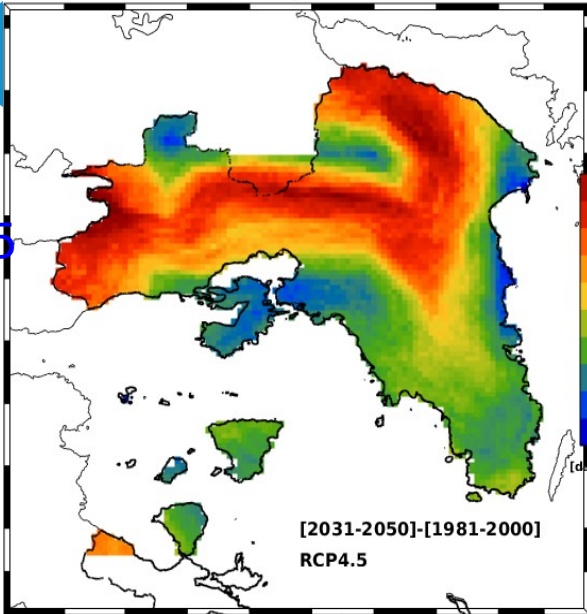
Αριθμός Ημερών με $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ - τροπικές νύχτες

Number of nights $TN > 20^{\circ}\text{C}$

Number of nights $TN > 20^{\circ}\text{C}$

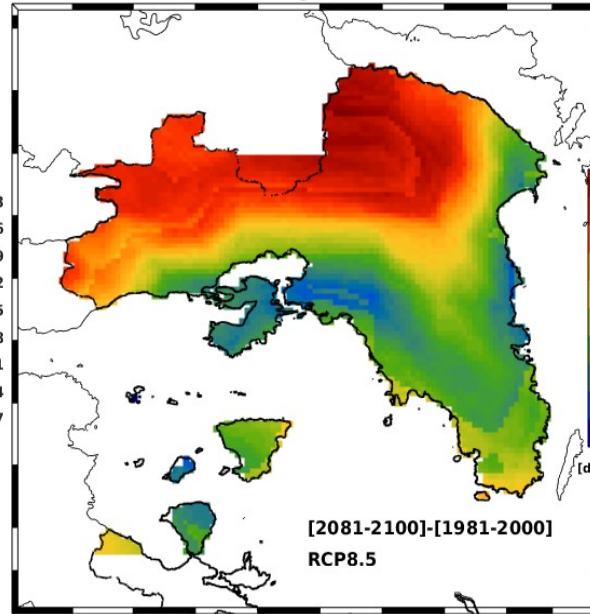
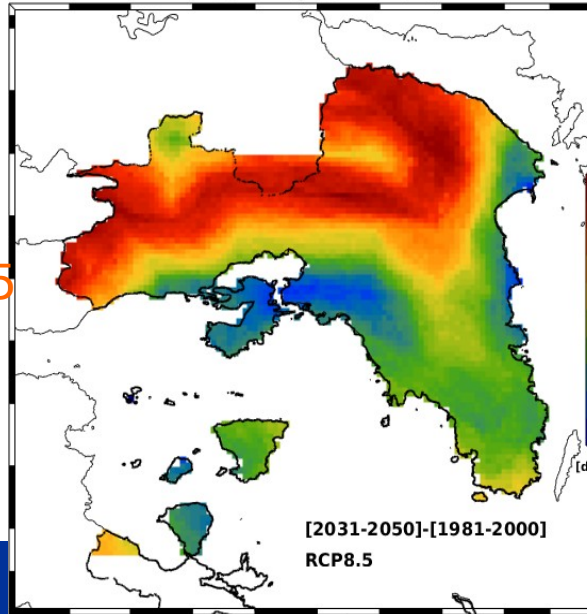
Μεταβολές του ετήσιου αριθμού ημερών με $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ - τροπικές νύχτες για την Αττική

RCP4.5



Στο εγγύς μέλλον αναμένονται αυξήσεις στις τροπικές νύχτες που κυμαίνονται
Απο ~26ημ/RCP4.5 (~33ημ/ RCP8.5)
Κεντρο, Νότια και παράλια
Μέχρι ~31ημ/RCP4.5 (~40ημ/ RCP8.5)
Δυτική και Βόρεια Αττική

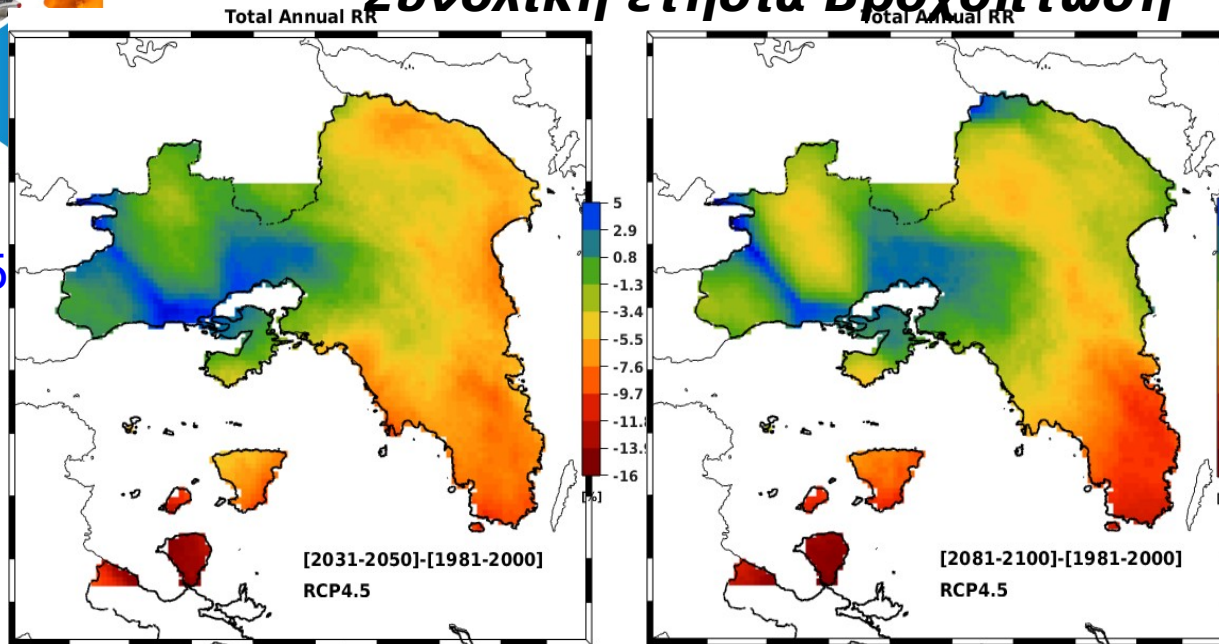
RCP8.5



Στο απώτερο μέλλον οι εκτιμώμενες αυξήσεις είναι Από ~37ημ/RCP4.5 (~70ημ/ RCP8.5) Κεντρο, Νότια και παράλια
Μέχρι ~42ημ/RCP4.5 (~90ημ/ RCP8.5)
Δυτική και Βόρεια Αττική

Συνολική ετήσια Βροχόπτωση

RCP4.5

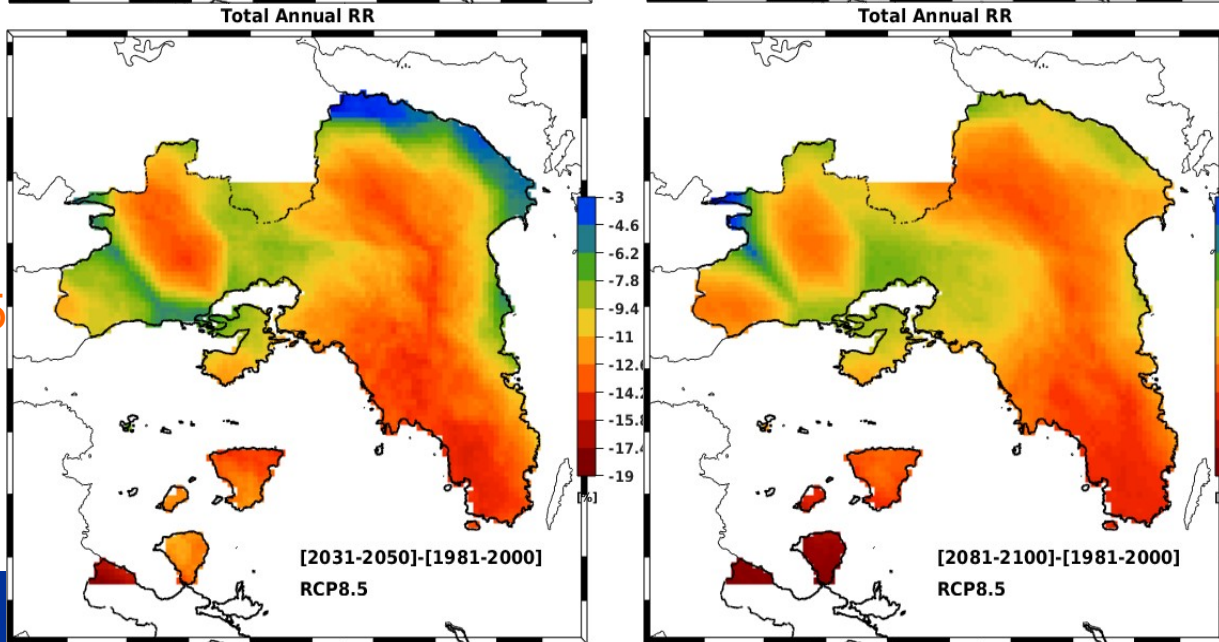


Μεταβολές της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης- **RR** για την Αττική

- **Αριστερά** : οι μεταβολές μεταξύ εγγύς μέλλοντος (**2031-2060**) και περιόδου αναφοράς
- **Δεξιά**: οι μεταβολές μεταξύ **απώτερου μέλλοντος (2071-2100)** και περιόδου αναφοράς.

Για τα σενάρια **RCP4.5** (επάνω) και **RCP8.5** (κάτω)

RCP8.5

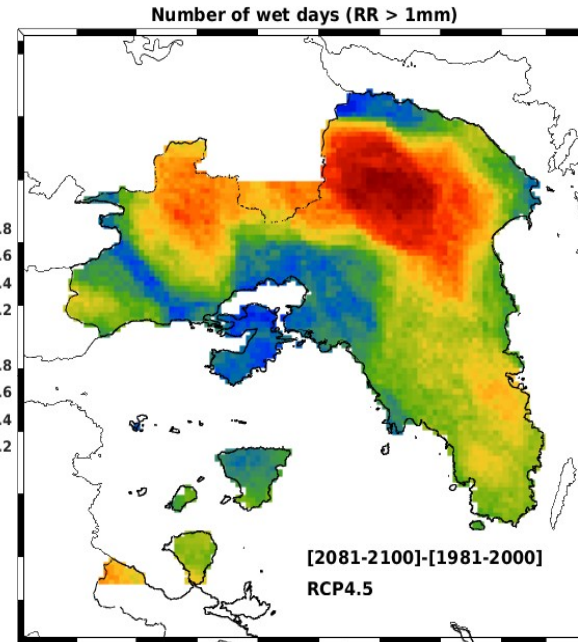
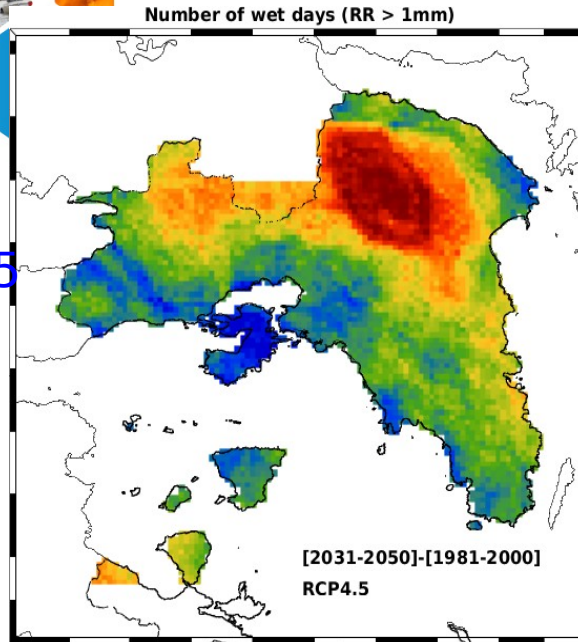


Στο εγγύς μέλλον η μείωση στην RR αναμένεται να είναι ~10%/RCP4.5 (12%/RCP8.5) σχεδόν για ολη την Αττική

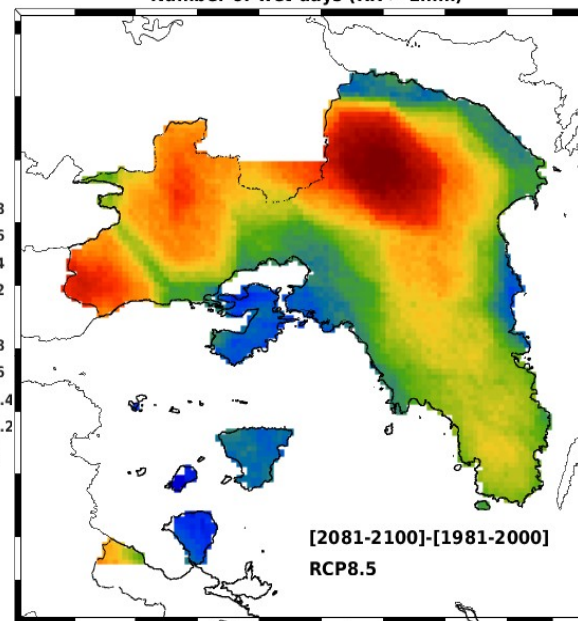
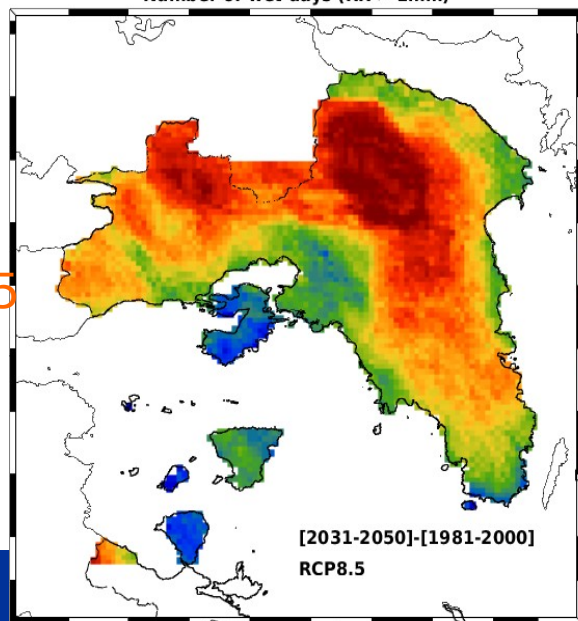
Στο απώτερο μέλλον η μείωση στην RR είναι ~14%/RCP4.5 (~31%/ RCP8.5) στην Αττική με πιο μεγάλες μειώσεις στα νότια

Αριθμός Ημερών με RR > 1mm-ημέρες βροχής

RCP4.5



RCP8.5



Μεταβολές του ετήσιου αριθμού ημερών με RR > 1mm-ημέρες βροχής για την Αττική

- **Αριστερά** : οι μεταβολές μεταξύ εγγύς μέλλοντος (2031-2060) και περιόδου αναφοράς
- **Δεξιά**: οι μεταβολές μεταξύ απώτερου μέλλοντος (2071-2100) και περιόδου αναφοράς.

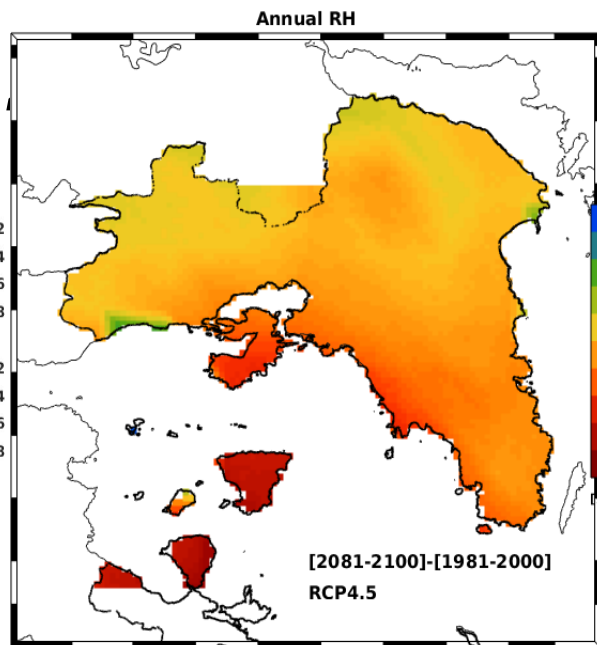
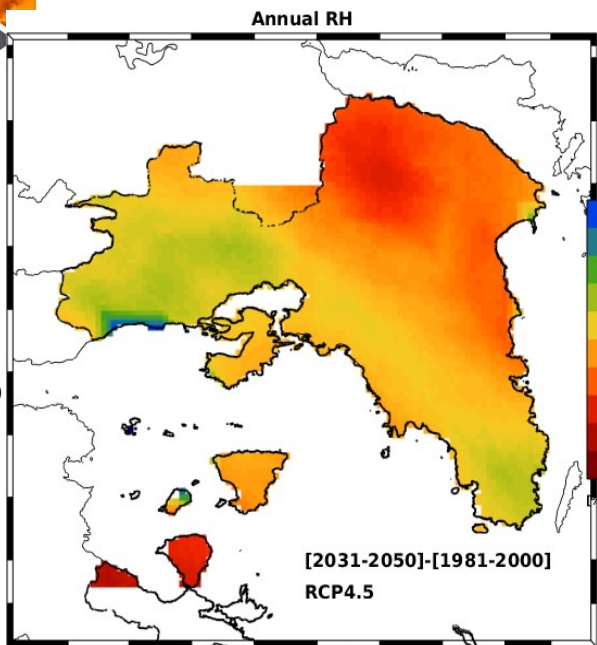
Για τα σενάρια RCP4.5 (επάνω) και RCP8.5 (κάτω)

Στο εγγύς μέλλον αναμένονται μειώσεις στις **ημέρες βροχής** που κυμαίνονται από **2 ημ/RCP4.5** (**8.5 ημ/ RCP8.5**)
Με υψηλότερες τιμές στα Βόρεια του Νομού (Ορεινοί όγκοι (**6 ημ/RCP4.5** (**10.5 ημ/ RCP8.5**))

Στο απώτερο μέλλον οι μειώσεις στις **ημέρες βροχής** είναι **7 ημ/RCP4.5** (**20 ημ/ RCP8.5**)
Με υψηλότερες τιμές στα Βόρεια του Νομού (Ορεινοί όγκοι (**11 ημ/RCP4.5** (**27 ημ/ RCP8.5**))

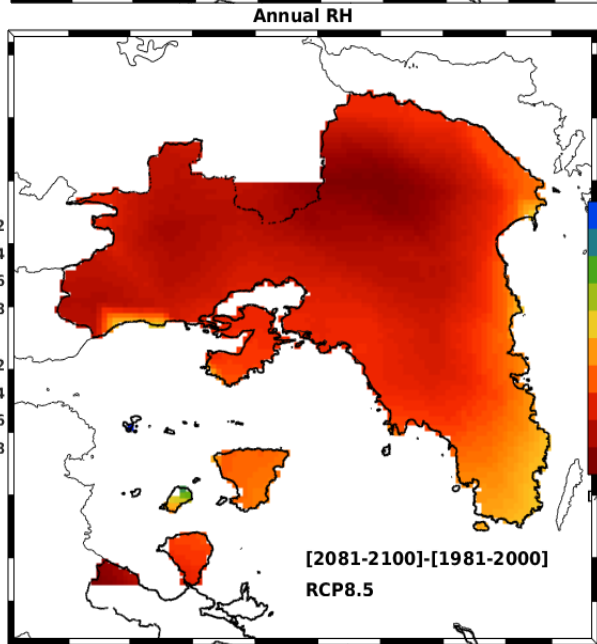
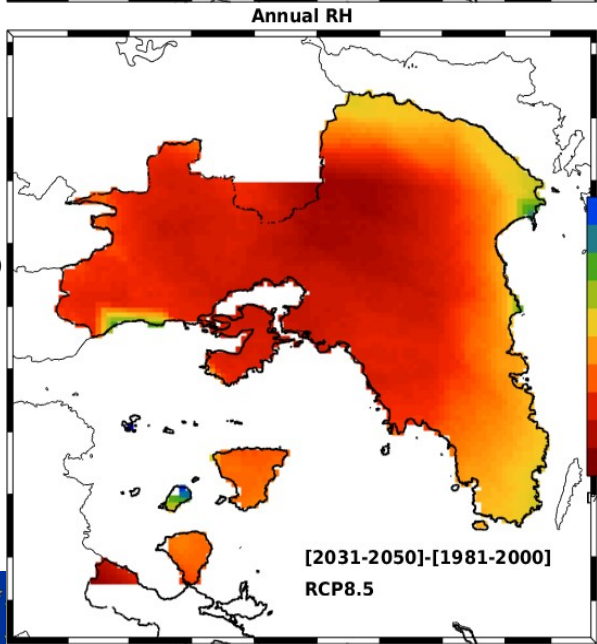


RCP4.5



α

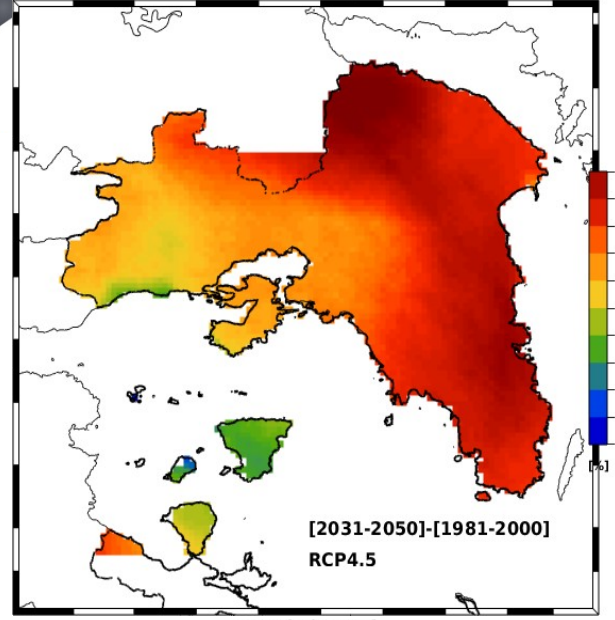
RCP8.5



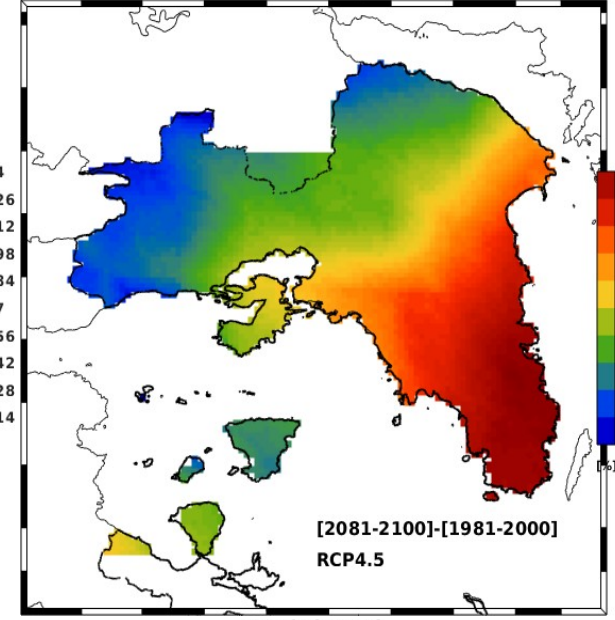
Ποσοστιαίες μεταβολές της ετήσιας σχετικής υγρασίας για την Αττική. Τα σχήματα αριστερά αποτυπώνουν τις μεταβολές μεταξύ εγγύς μέλλοντος (2031-2050) και περιόδου αναφοράς (1971-2000) και τα σχήματα δεξιά τις μεταβολές μεταξύ απώτερου μέλλοντος (2081-2100) και της περιόδου αναφοράς. Στο εγγύς μέλλον αναμένονται μικρές ποσοστιαίες **μειώσεις** (max. 3-4%). Στο απώτερο μέλλον οι μεγαλύτερες εκτιμώμενες μειώσεις φτάνουν **10% RCP8.5**



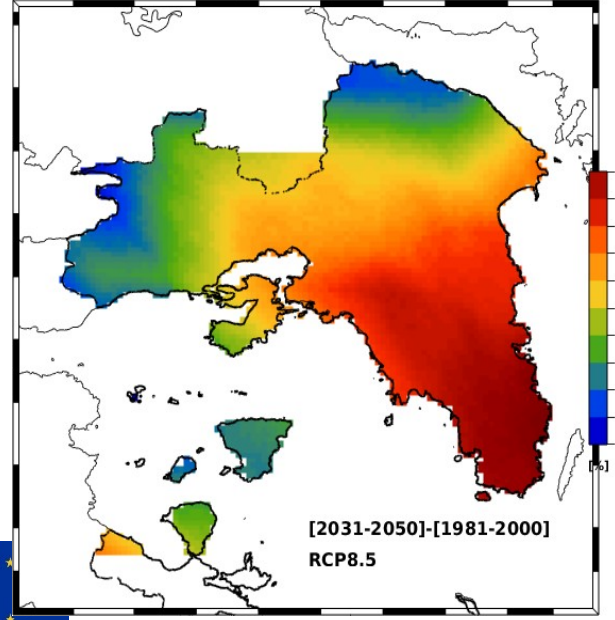
Annual WindSpeed



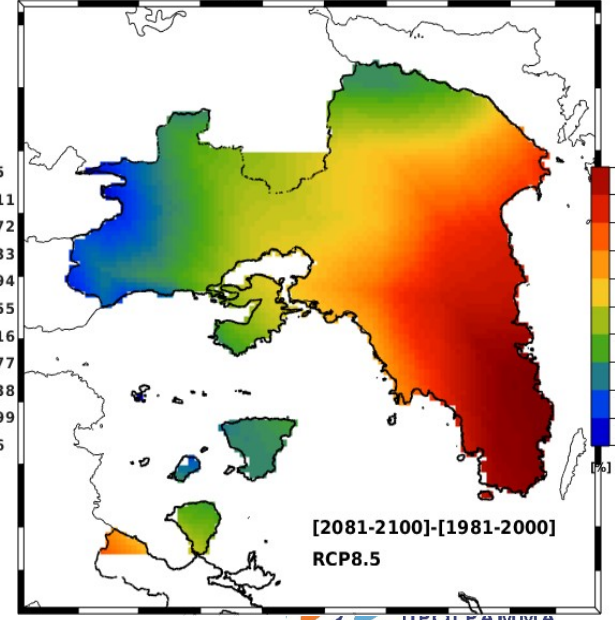
Annual WindSpeed



JJA WindSpeed



JJA WindSpeed



RCP4.5

RCP8.5

Ποσοστιαίες μεταβολές της μέσης καλοκαιρινής ταχύτητας του ανέμου για την Αττική. Τα σχήματα αριστερά αποτυπώνουν τις μεταβολές μεταξύ εγγύς μέλλοντος (2031-2050) και περιόδου αναφοράς (1981-2000) και τα σχήματα δεξιά τις μεταβολές μεταξύ απώτερου μέλλοντος (2081-2100) και περιόδου αναφοράς.

Οι άνεμοι αναμένεται να **ενισχυθούν** κατά **5-15%**. Οι αύξηση στους ανέμους αν και θα μετριάσει τις ακραίες θερμές επιβαρύνσεις του πληθυσμού, θα αυξήσει σημαντικά τον κίνδυνο εκδήλωσης και εξάπλωσης **δασικών πυρκαγιών**.



Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας