



Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΘΕΣΣΑΛΙΑ
ΜΠΡΟΣΤΑ ΣΤΗΝ
ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΡΟΚΛΗΣΗ

1^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΚΑΡΔΙΤΣΑ 9 & 10 ΙΟΥΝΙΟΥ 2017

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

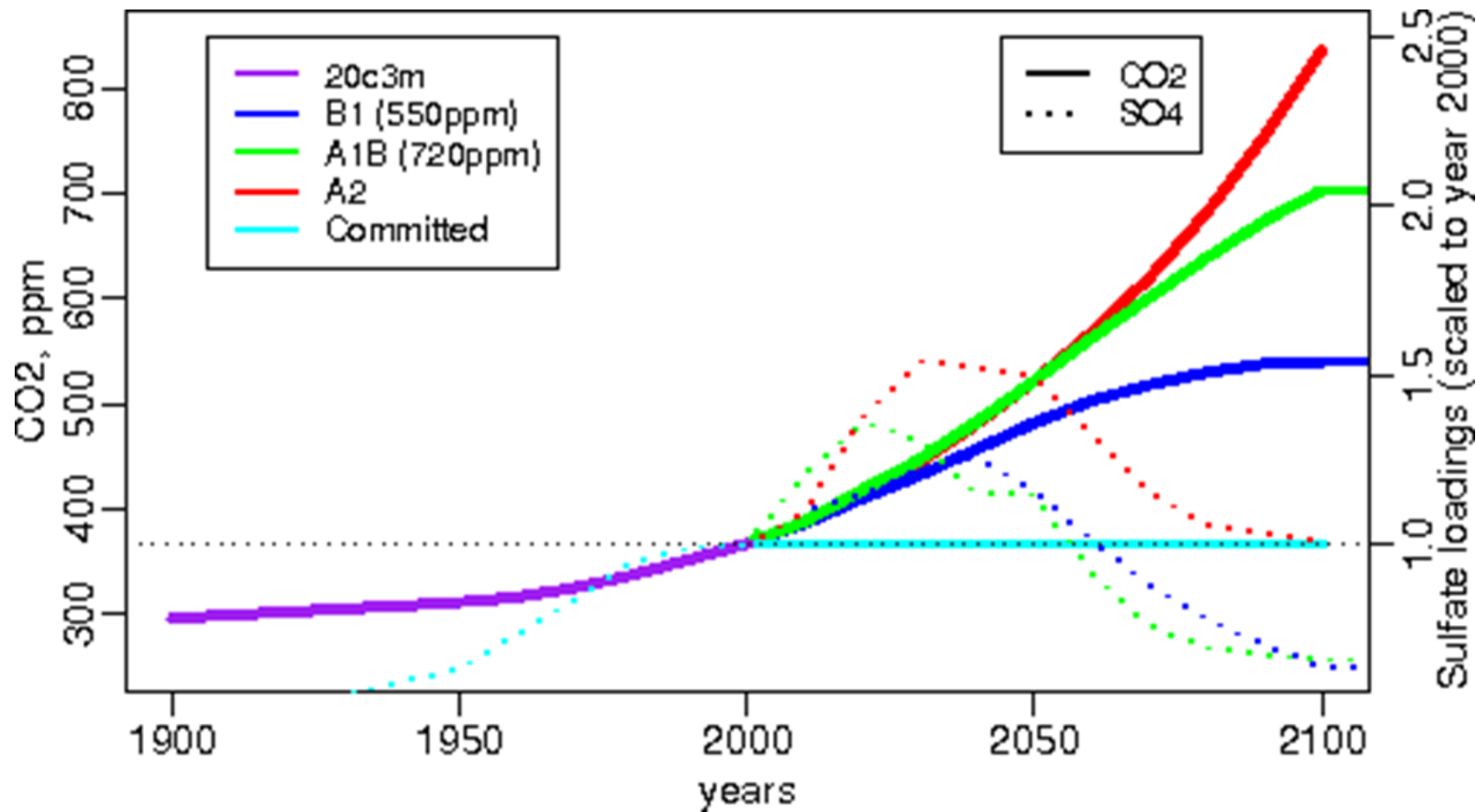
Καθ. Αθανάσιος Λουκάς

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Πόρων, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

E-mail: aloukas@civ.uth.gr



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ - ΠΡΟΓΝΩΣΗ





- Κλιματική Αλλαγή και Υδρομετεωρολογικές Μεταβλητές
 - Κλιματική Αλλαγή και Υδρολογικός Κύκλος
 - Κλιματική Αλλαγή και Ακραία Υδρολογικά Φαινόμενα
 - Κλιματική Αλλαγή και Υδατικοί Πόροι
-



- Μεταβολή της μέσης τιμής και της μεταβλητότητας των Υδρομετεωρολογικών μεταβλητών, κυρίως Υετόπτωσης και Θερμοκρασίας
- Μεταβολή της χωρικής κατανομής των Υδρομετεωρολογικών μεταβλητών (κύρια Υετόπτωσης)
- Μεταβολή της μορφής της Υετόπτωσης και της αναλογίας βροχή/χιόνι.
- Εμφάνιση έντονων καιρικών φαινομένων (π.χ. έντονες καταιγίδες, μεγαλύτερες ξηρές περιόδους, γεγονότα ακραίας θερμοκρασίας-καύσωνες/παγετός)



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ

- Χρήση Παγκόσμιων Κλιματικών Μοντέλων (Global Circulation Models-GCMs) – Εκτίμηση Παγκόσμιας Ατμοσφαιρικής Κυκλοφορίας - Για διάφορα σενάρια κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης ή δρόμων (μονοπατιών)
- Καταβιβασμός αποτελεσμάτων (Downscaling) δυναμικά, με συζευγμένα Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models-RCMs) ή/και στατιστικά με στατιστικές μεθόδους και μοντέλα
- Εκτίμηση της αβεβαιότητας της κλιματικής αλλαγής με τη χρήση πολλών συζευγμένων μοντέλων (GCMs-RCMs) και μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού



Εφαρμογή στη Θεσσαλία – μηνιαίες τιμές υετόπτωσης και θερμοκρασίας

- Χρήση του CGCM3.1 (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis)
- Μέθοδος Στατιστικού Καταβιβασμού
 - Ανάλυση συσχέτισης των παραμέτρων του GCM's
 - Βαθμιδωτή πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και
 - Στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων χρησιμοποιώντας **modified method of fragments**
- Η στοχαστική μέθοδος διόρθωσης μεροληψίας αποτελείται από δύο μέρη:
 - Εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους εξόδου του GCMs (μεγάλης κλίμακας κλίμα)
 - Εκτίμηση της κλιματικής μεταβλητότητας (τοπικής κλίμακας κλίμα)



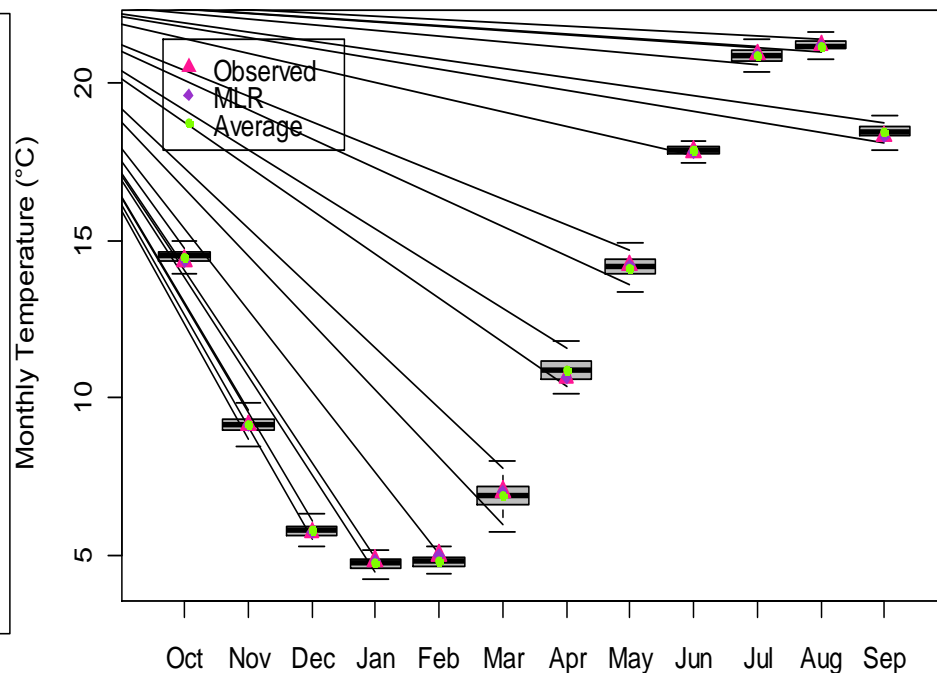
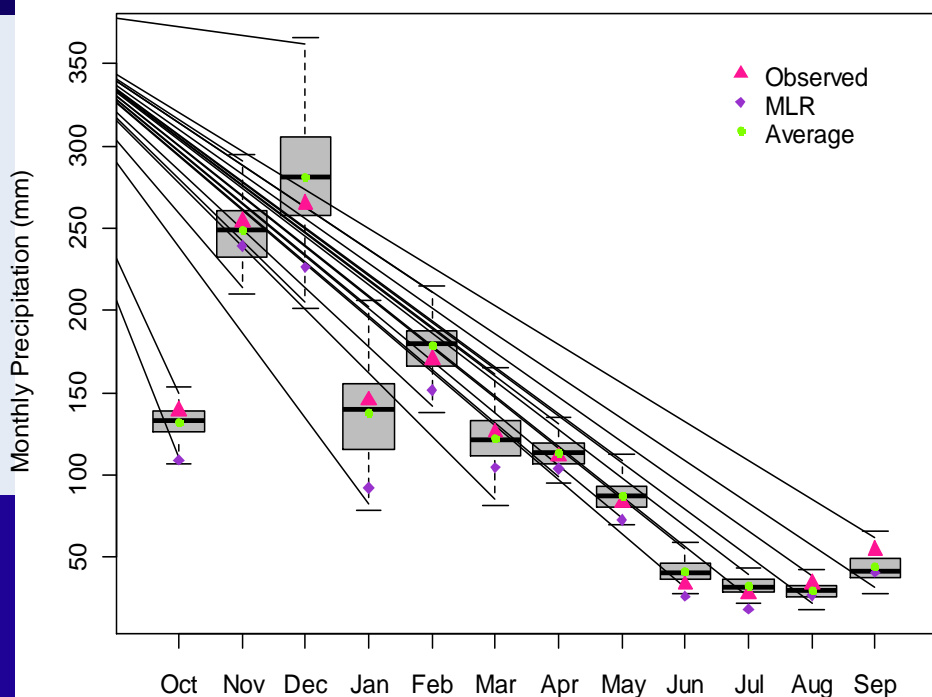
Εφαρμογή στη Θεσσαλία – μηνιαίες τιμές υετόπτωσης και θερμοκρασίας

- Χρήση του CGCM3.1 (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis)
- Μέθοδος Στατιστικού Καταβιβασμού
 - Ανάλυση συσχέτισης των παραμέτρων του GCM's
 - Βαθμιδωτή πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση και
 - Στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων χρησιμοποιώντας **modified method of fragments**
- Η στοχαστική μέθοδος διόρθωσης μεροληψίας αποτελείται από δύο μέρη:
 - Εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους εξόδου του GCMs (μεγάλης κλίμακας κλίμα)
 - Εκτίμηση της κλιματικής μεταβλητότητας (τοπικής κλίμακας κλίμα)



Σύγκριση παρατημένων και προσομοιωμένων τιμών - Ιστορική Περίοδος 1980-2000

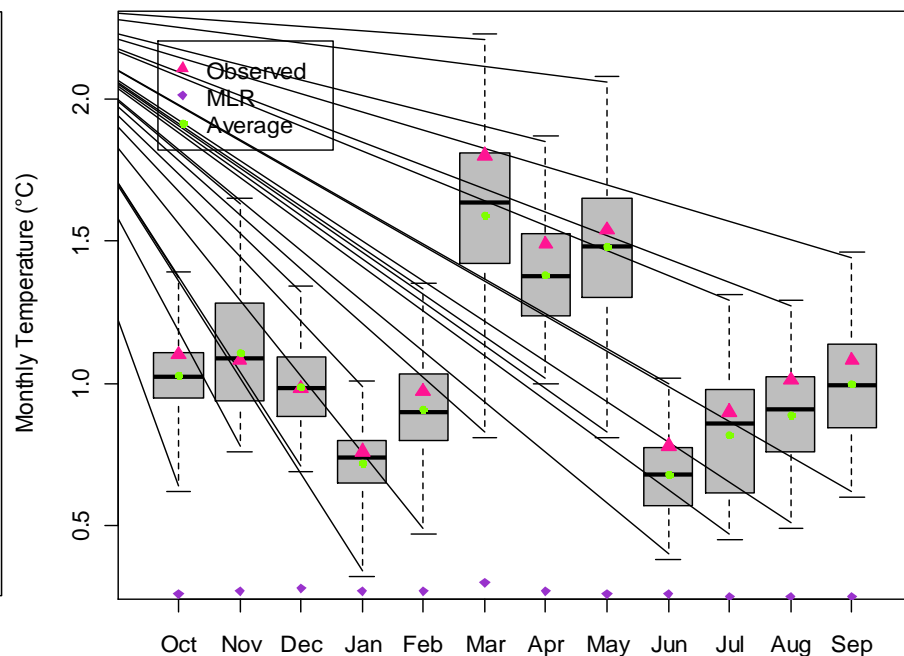
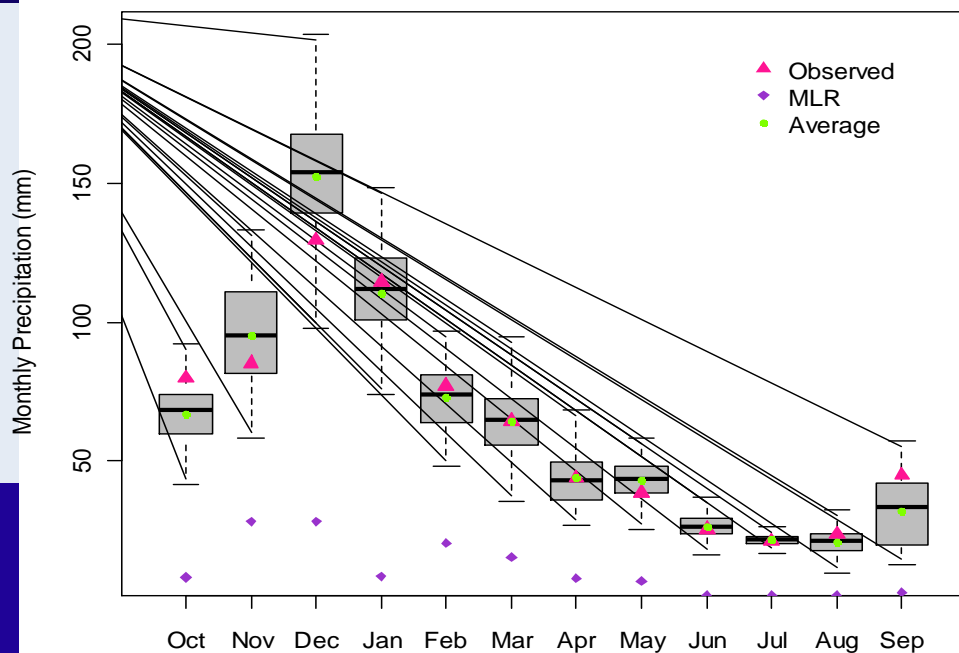
Μέση μηνιαία Υετόπτωση και Θερμοκρασία

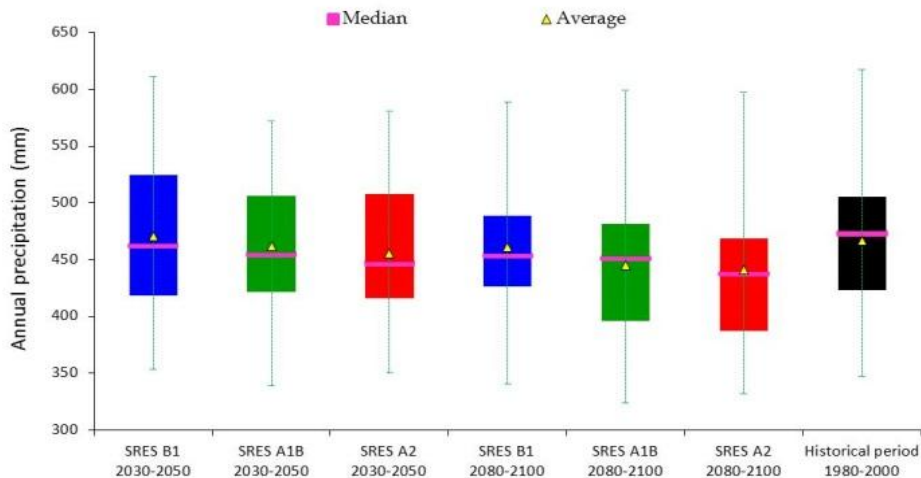




Σύγκριση παρατημένων και προσομοιωμένων τιμών - Ιστορική Περίοδος 1980-2000

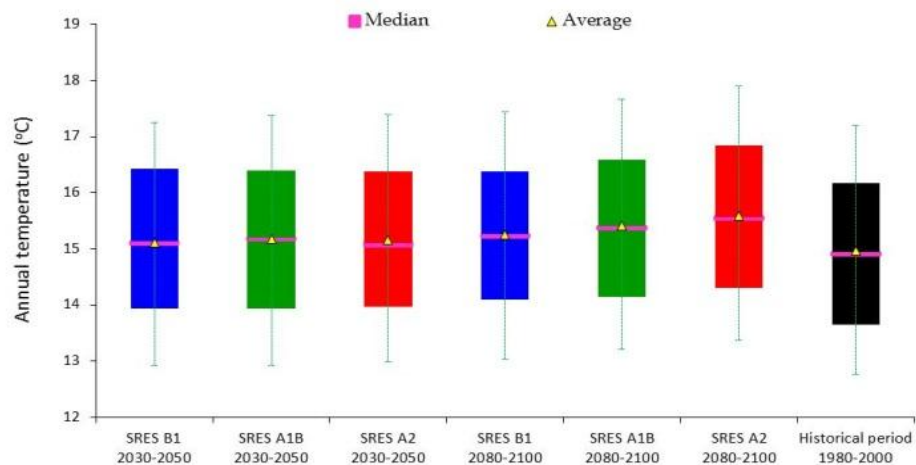
Τυπική Απόκλιση μηνιαίας Υετόπτωσης και Θερμοκρασία





Μελλοντική Μέση Ετήσια Υετόπτωση

Μελλοντική Μέση Ετήσια Θερμοκρασία

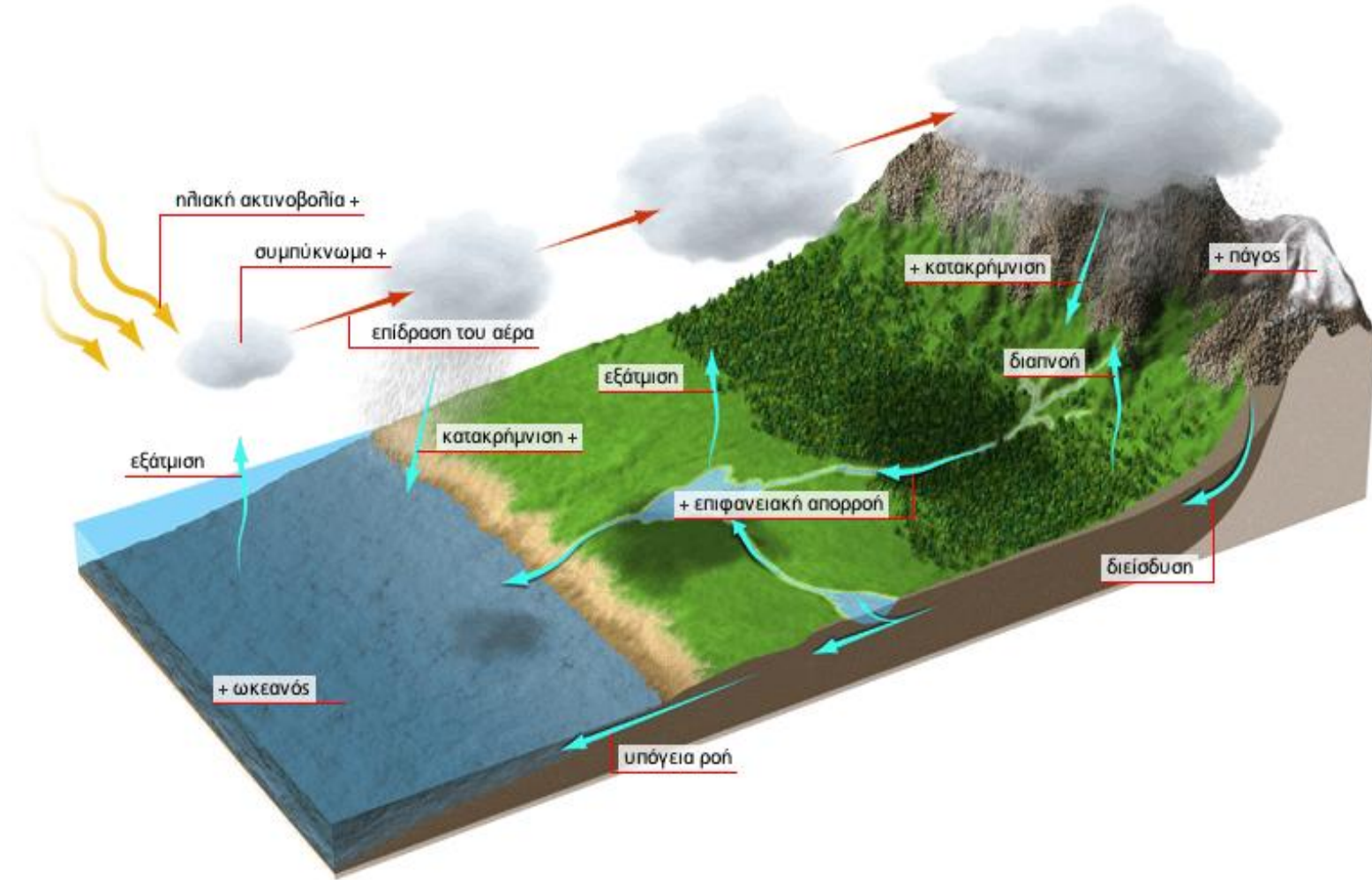




- ❑ Μεταβολές στην χωρική και χρονική κατανομή και του μεγέθους της υετόπτωσης (και της μορφής της) και θερμοκρασίας – δεδομένων εισόδου του υδρολογικού κύκλου
- ❑ Μεταβολή της εδαφικής υγρασίας και εξατμισοδιαπνοής
- ❑ Μεταβολή της υδρολογικής διαίτας των λεκανών απορροής
- ❑ Εμφάνιση έντονων υδρολογικών φαινομένων (π.χ. γενικευμένες και αιφνίδιες πλημμύρες, ξηρασίες)



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ





Ετήσιο Υδρολογικό Ισοζύγιο της Λεκάνης Απορροής της Λίμνης Κάρλας

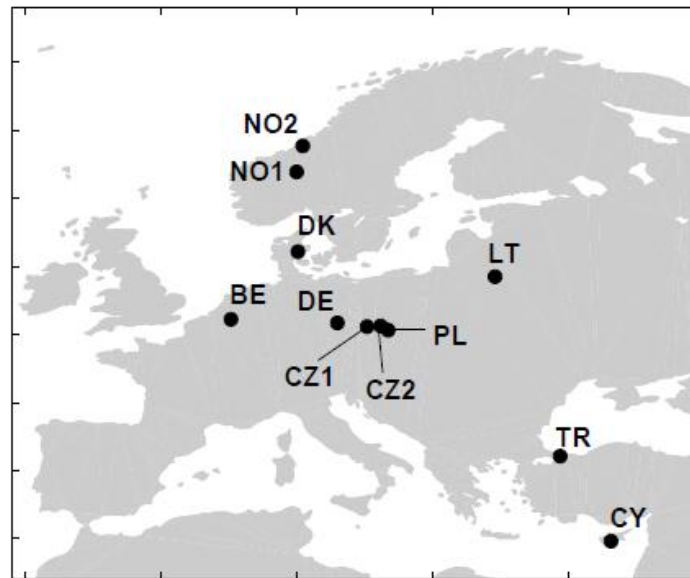
UTHBAL (Results)	T (°C)	P (mm)	PET (mm)	AET (mm)	Runoff (mm)	Recharge (mm)
Historical period 1960-2009	14.3	570.5	799.8	416.7	64.8	86.5
Historical period 1980-2000	14.2	552.8	806.4	407.4	59.8	81.4
SRES B1 2030-2050	14.4	556.1	791.3	406.3	62.3	83.4
SRES A1B 2030-2050	14.5	547.4	794.4	403.8	59.0	81.0
SRES A2 2030-2050	14.4	541.1	793.4	403.0	55.9	78.3
SRES B1 2080-2100	14.5	546.8	797.6	404.0	58.5	80.5
SRES A1B 2080-2100	14.7	531.0	805.2	397.6	53.8	75.8
SRES A2 2080-2100	14.9	526.7	813.8	395.7	52.7	74.7
% maximum increase or decrease relative to historical period 1980-2000	4.4	-4.7	-1.9	-2.9	-11.8	-8.1



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ



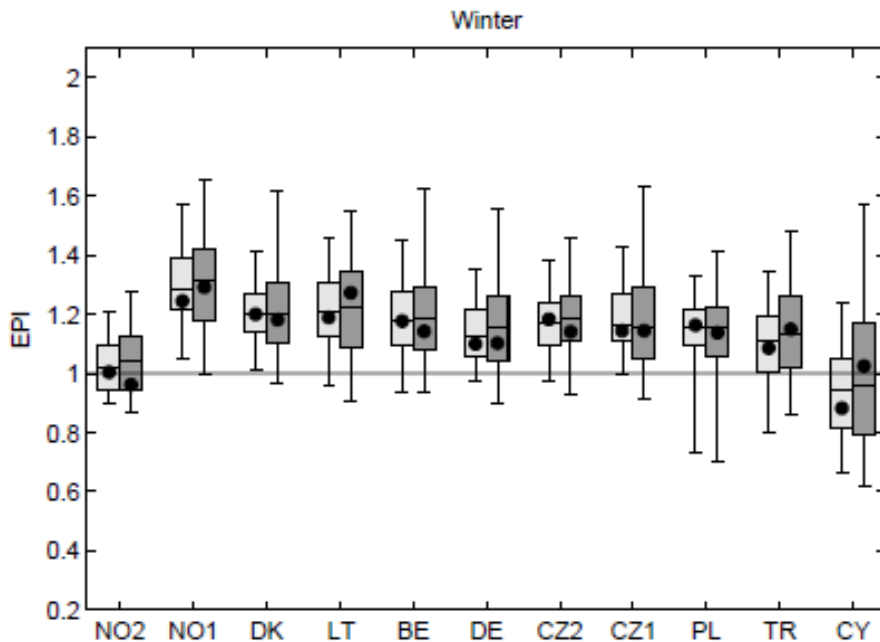
- Ένδεκα (11) λεκάνες απορροής της Ευρώπης
- Χρήση 15 συζευγμένων μοντέλων GCMs-RCMs (ENSEMBLES project)
- Χρήση οκτώ (8) μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού
- Εκτίμηση της αλλαγής της **ημερήσιας βροχόπτωσης** με περίοδο επαναφοράς 1-έτος και 5-έτη
- Υδρολογική προσομοίωση και εκτίμηση της αλλαγής της **ημερήσιας μέγιστης παροχής και πλημμυρικού όγκου** με περίοδο επαναφοράς 1-έτος και 5-έτη



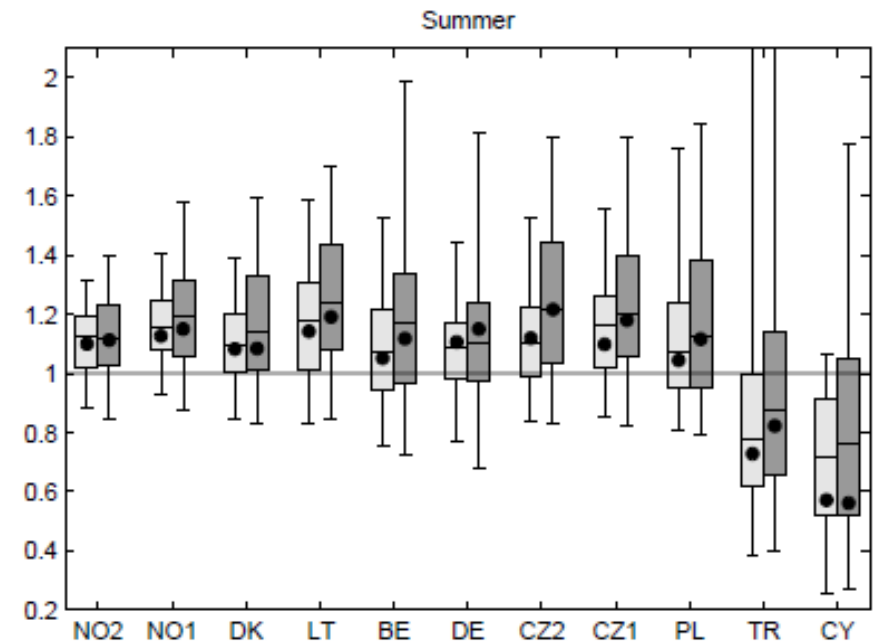


Εκτίμηση της αλλαγής της μέγιστης ημερήσιας βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 1-έτος και 5-έτη

Χειμερινά Γεγονότα



Καλοκαιρινά Γεγονότα

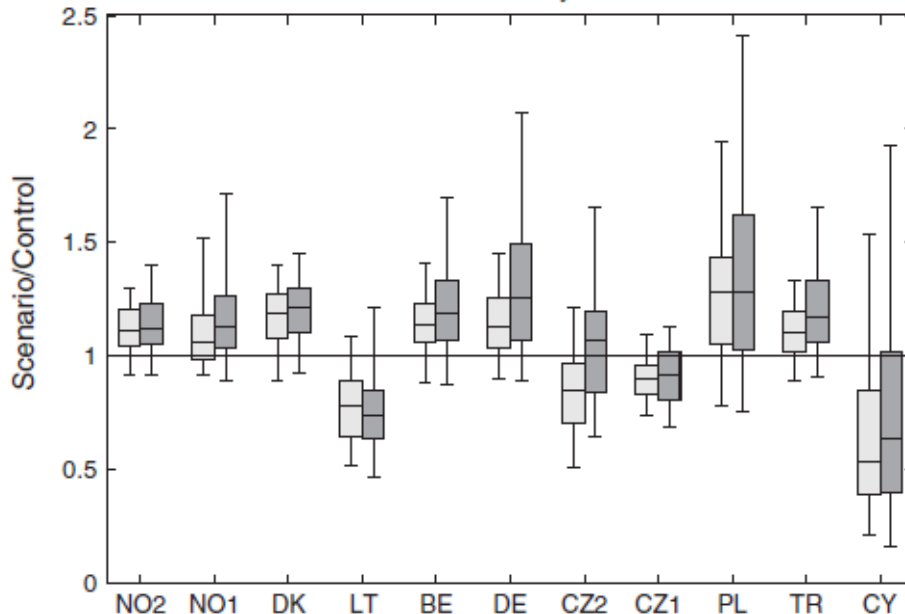




Εκτίμηση της αλλαγής της ημερήσιας μέγιστης παροχής και του πλημμυρικού όγκου με περίοδο επαναφοράς 1-έτος και 5-έτη

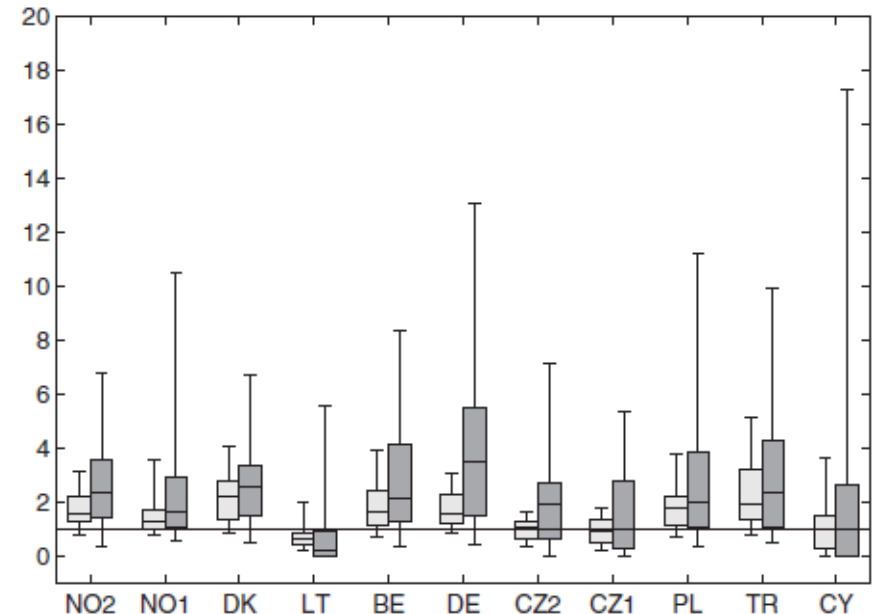
Μέγιστη Ημερήσια Παροχή

Extreme daily Q



Μέγιστος Πλημμυρικός Όγκος

Peak volume





Εκτίμηση Ξηρασίας

με τη χρήση των δεικτών ξηρασίας

Standardized Precipitation Index (SPI)



χρήση μόνο βροχόπτωσης

Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)



χρήση βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής

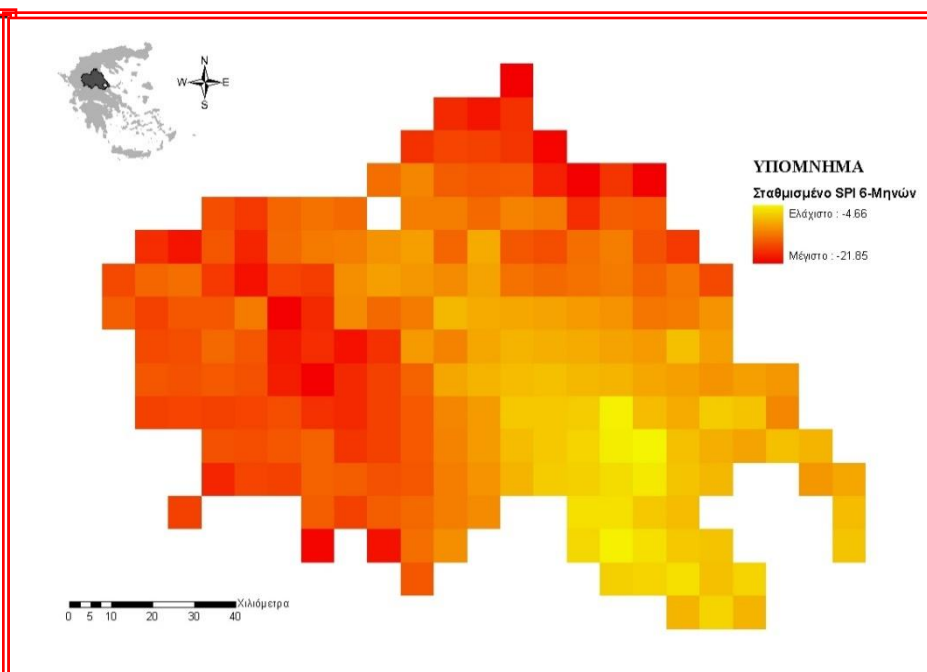
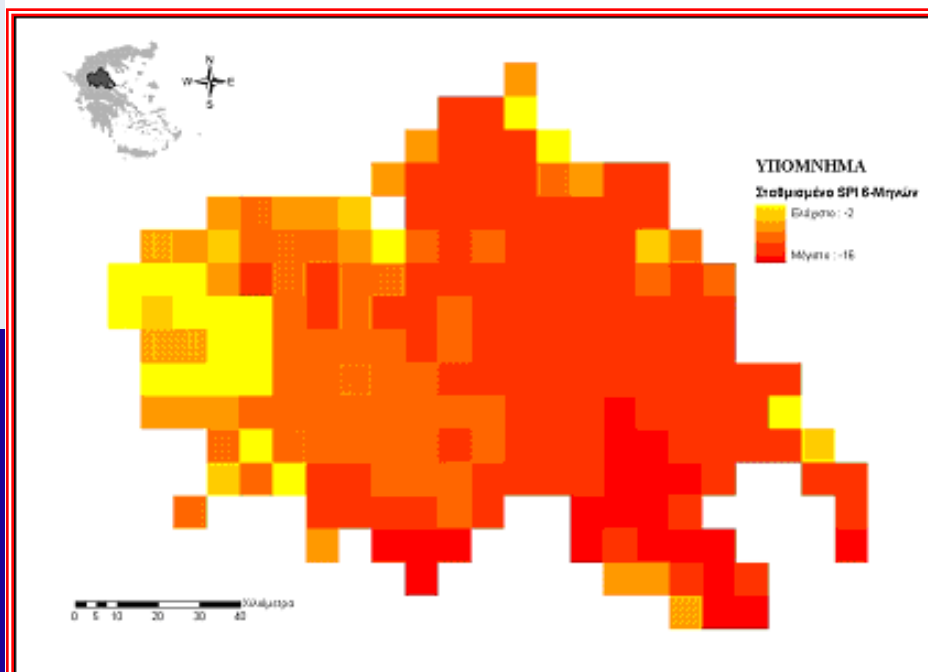
Εκτίμηση των δεικτών σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες (π.χ. 1-μηνα, 2-μηνών,24-μηνών)



Χωρική Κατανομή Σταθμισμένου Δείκτη Ξηρασίας SPI 6-μηνών

1976-1977

1989-1990



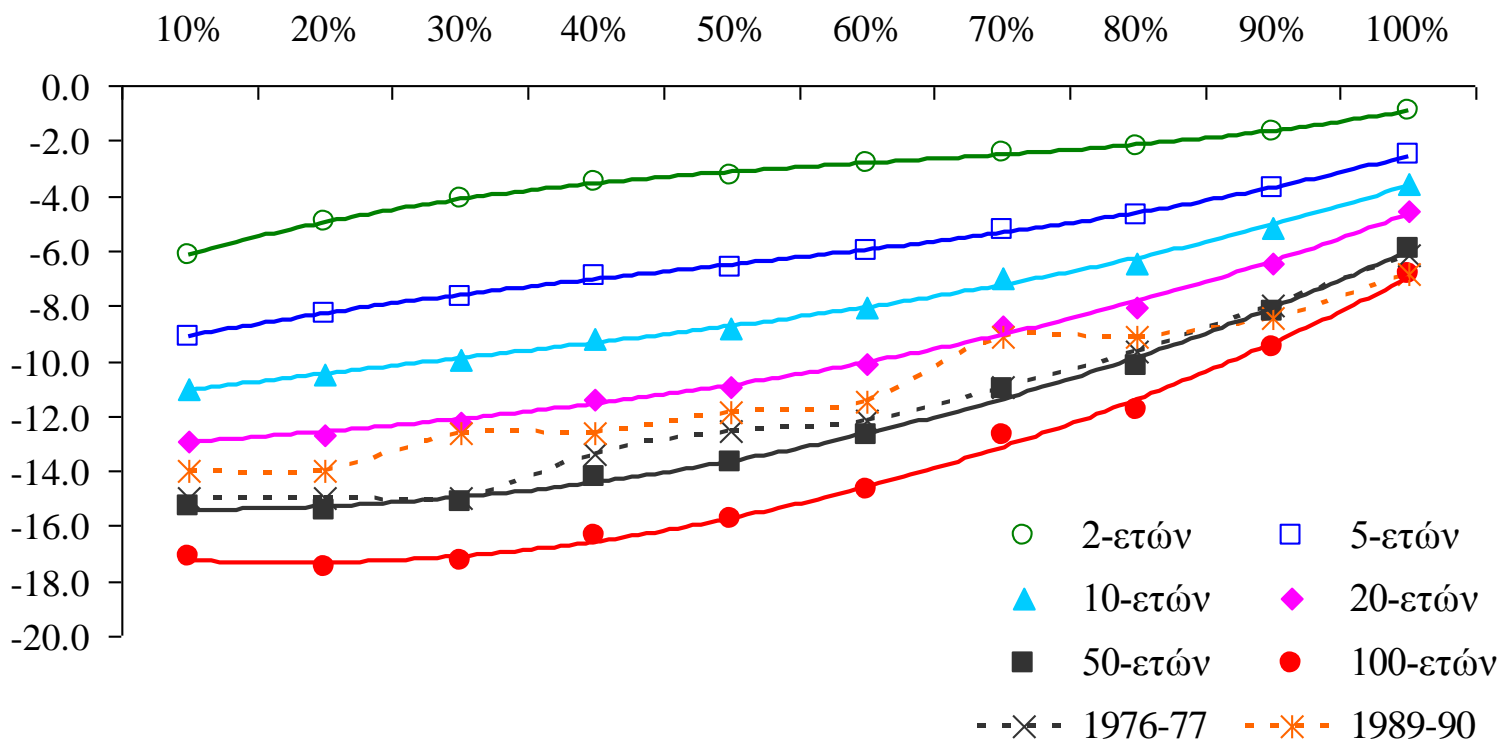


ΚΑΜΠΥΛΕΣ SAF (SPI-6 Μηνών) ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ)

SPI 6-Μηνών

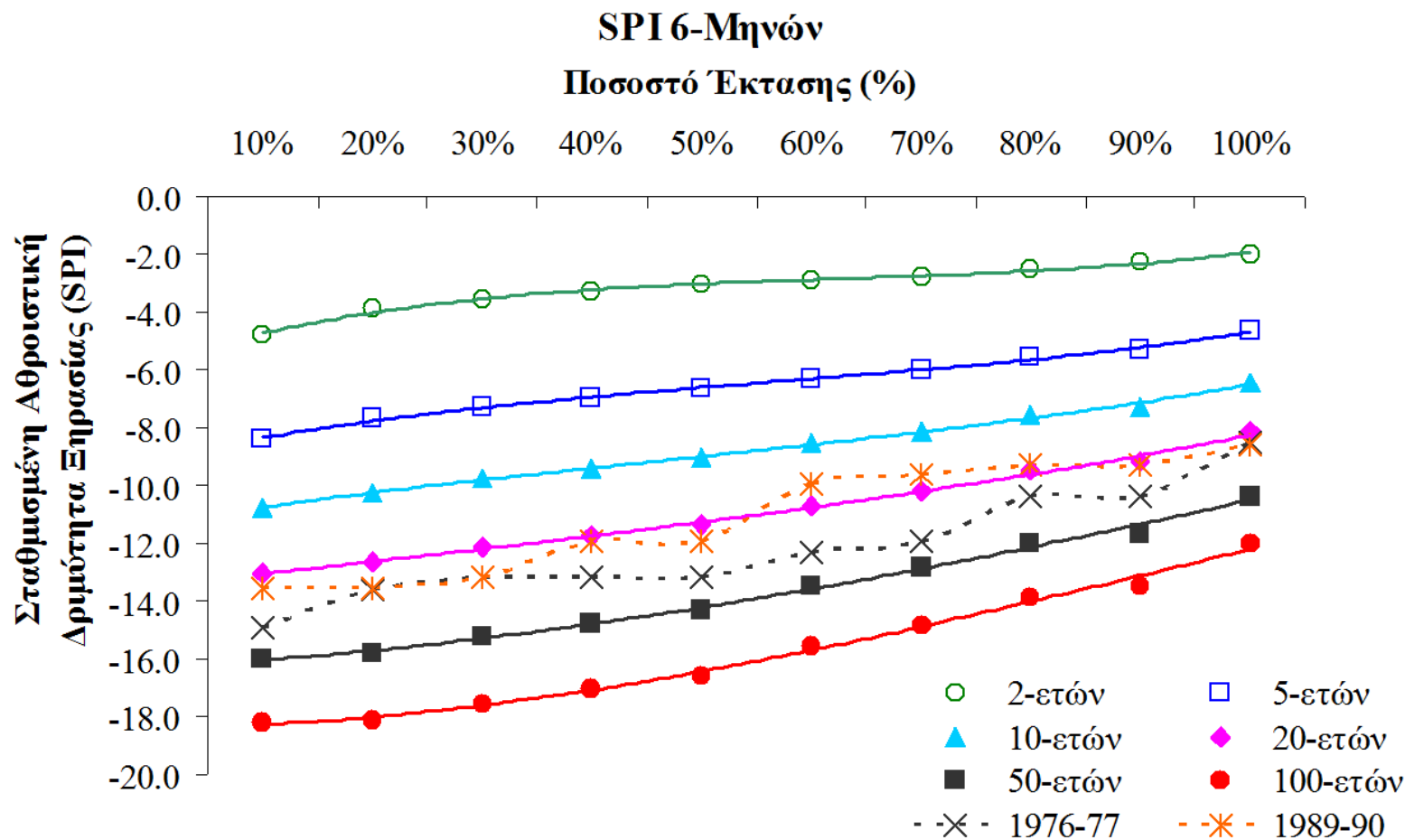
Ποσοστό Έκτασης (%)

Σταθμισμένη Αθροιστική Δριμύτητα Ξηρασίας (SPI)



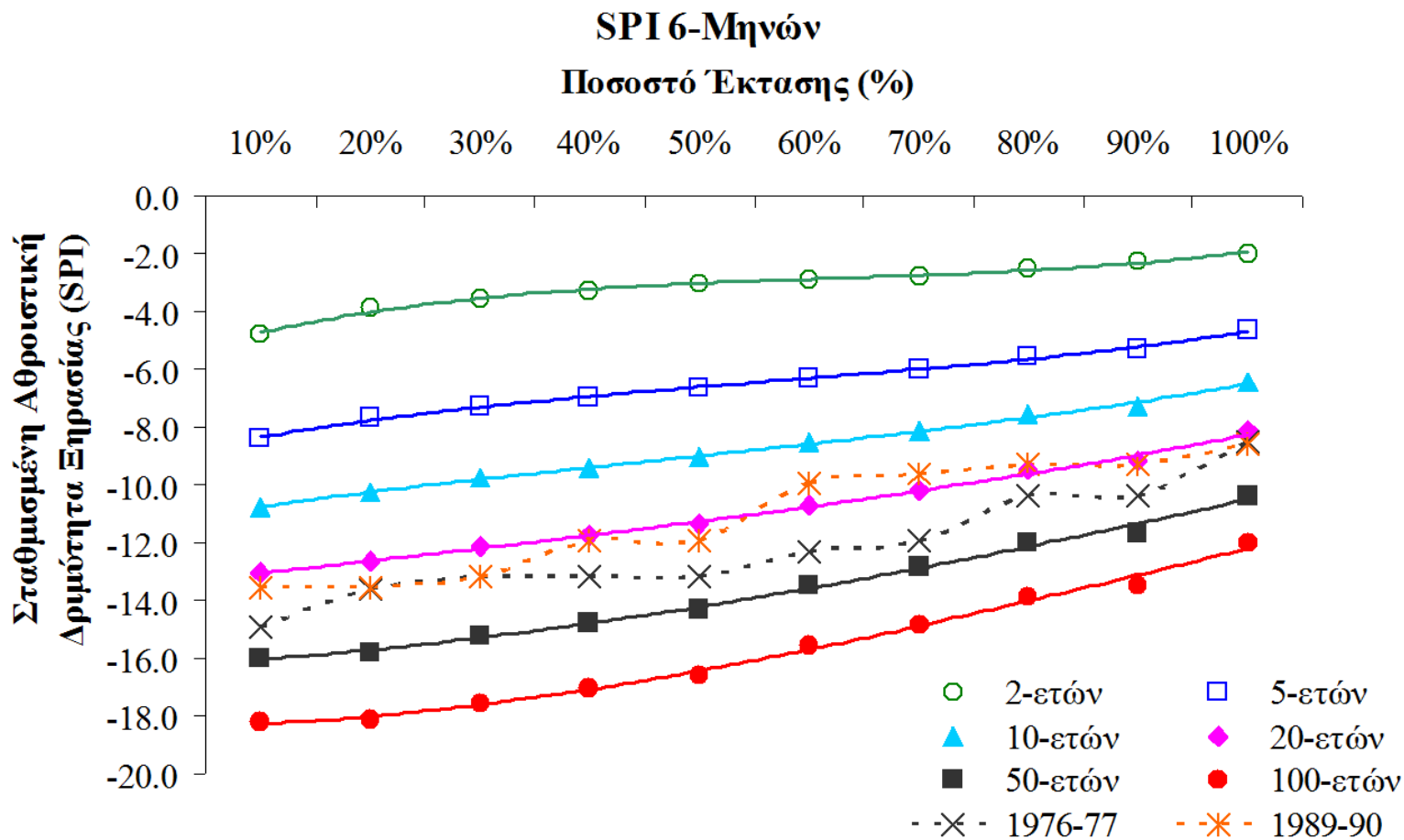


ΚΑΜΠΥΛΕΣ SAF (SPI-6 Μηνών) ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ Α: ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ)



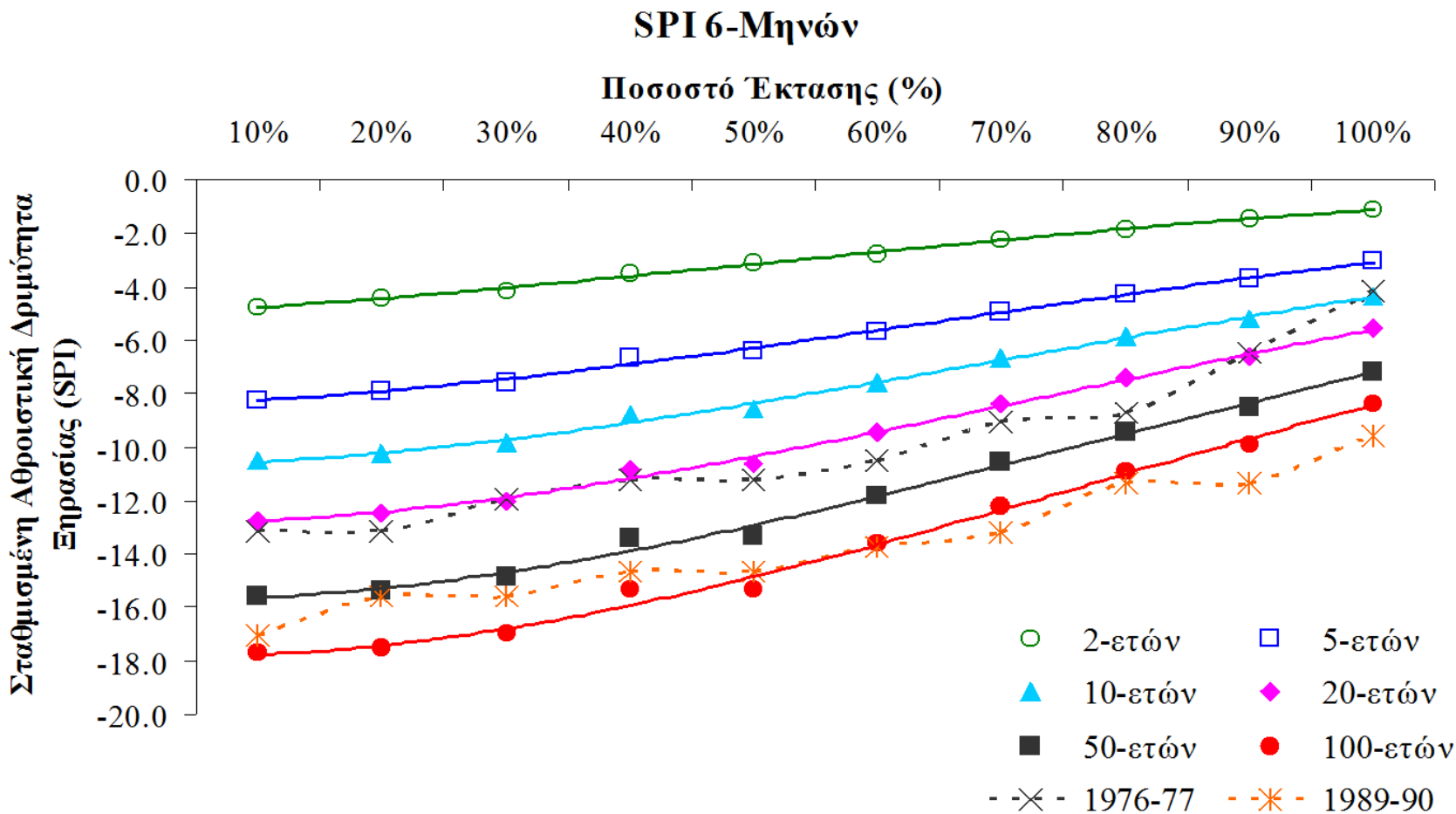


ΚΑΜΠΥΛΕΣ SAF (SPI-6 Μηνών) ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ Β: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ)



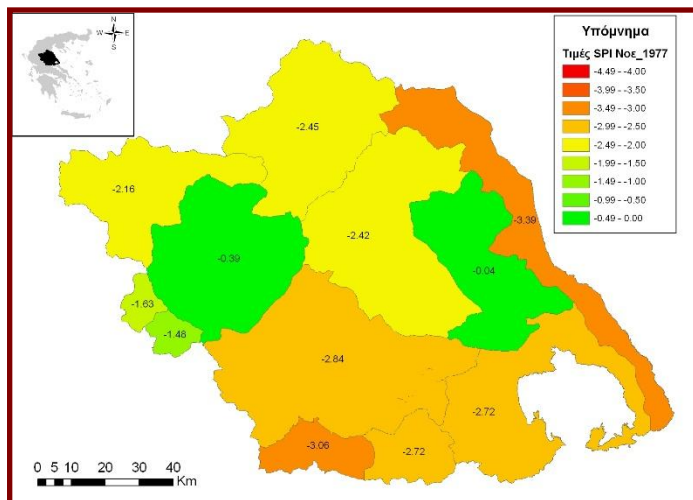


ΚΑΜΠΥΛΕΣ SAF (SPI-6 Μηνών) ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΠΕΡΙΟΧΗ Γ: ΔΥΤΙΚΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ)

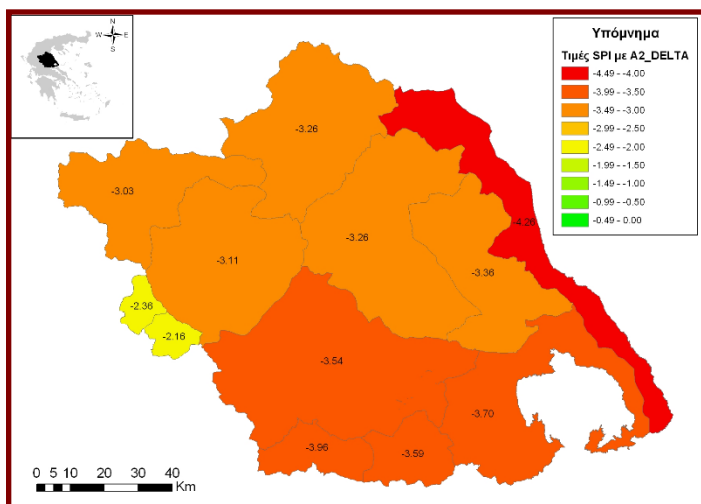




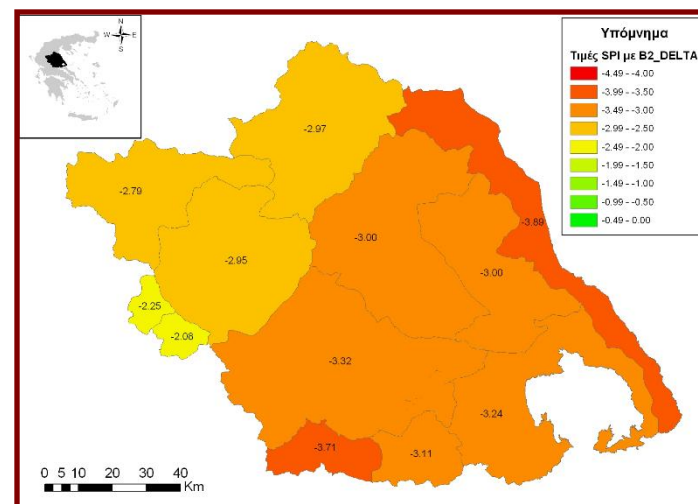
Χωρική Κατανομή του SPI-12 του Νοεμβρίου 1977



SRES A2 2070-2100

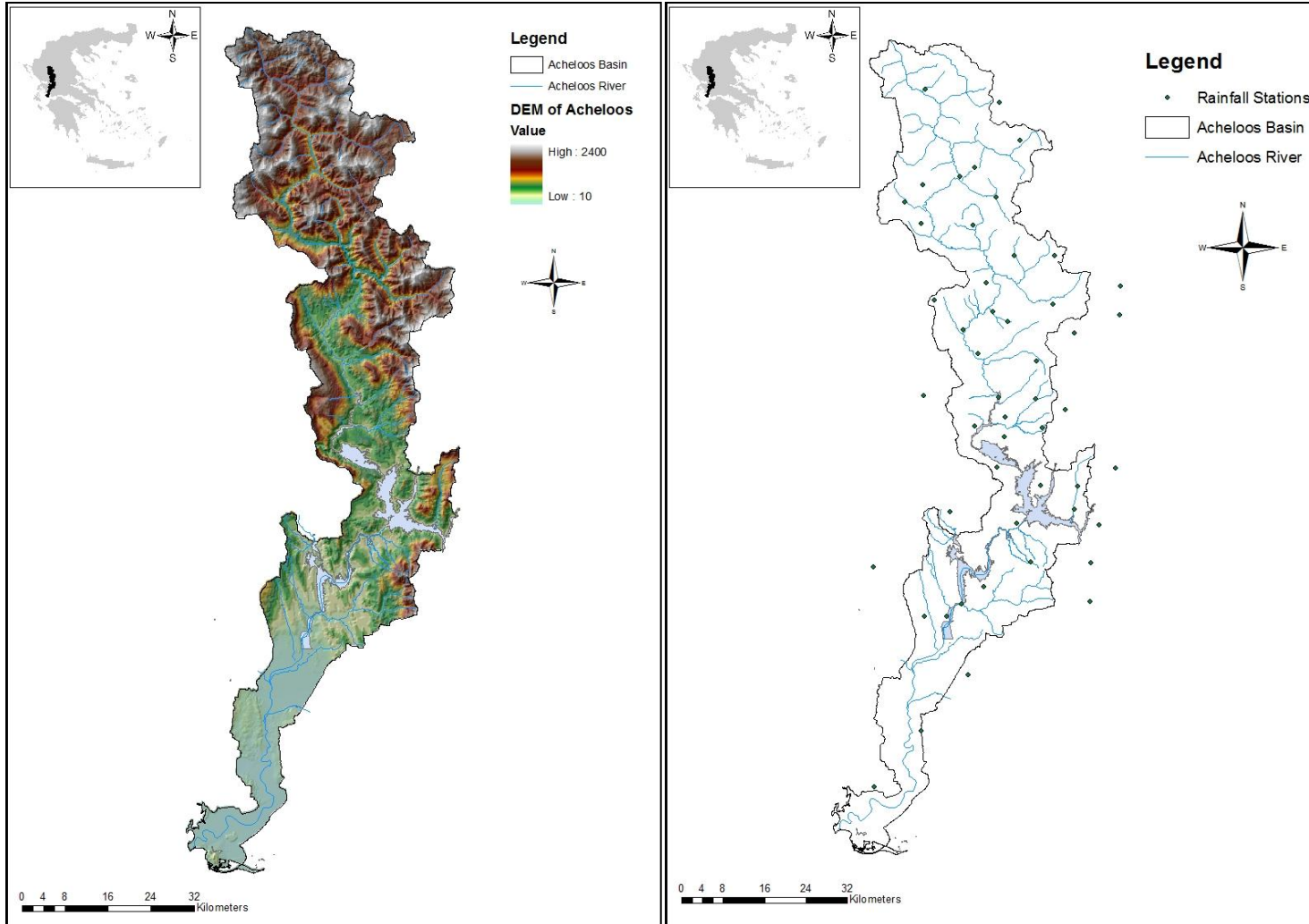


SRES B2 2070-2100





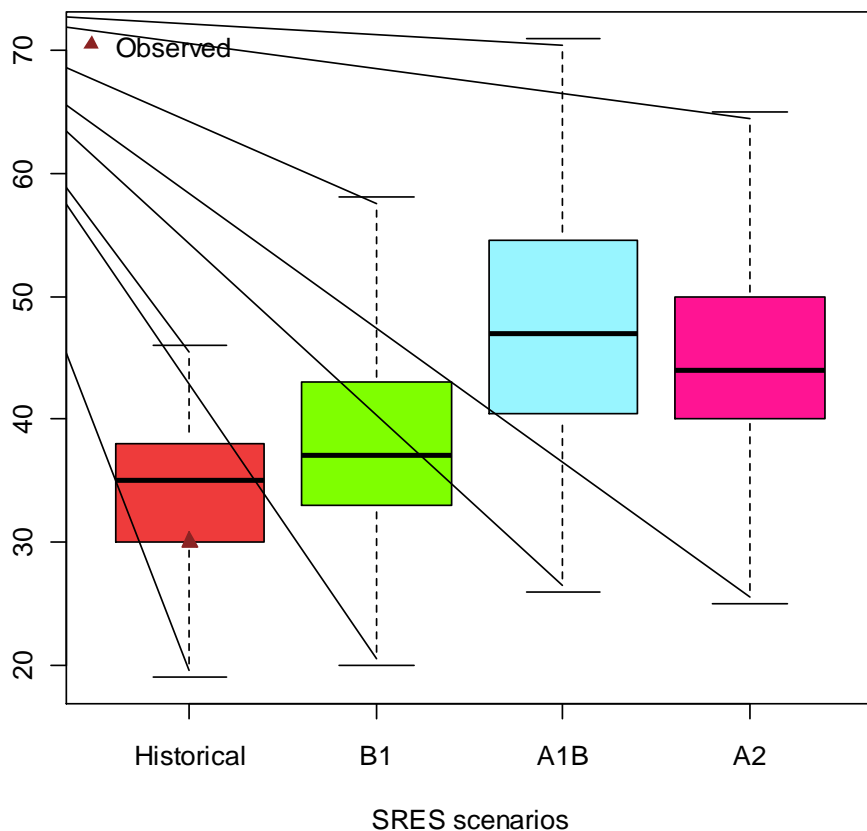
Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αχελώου



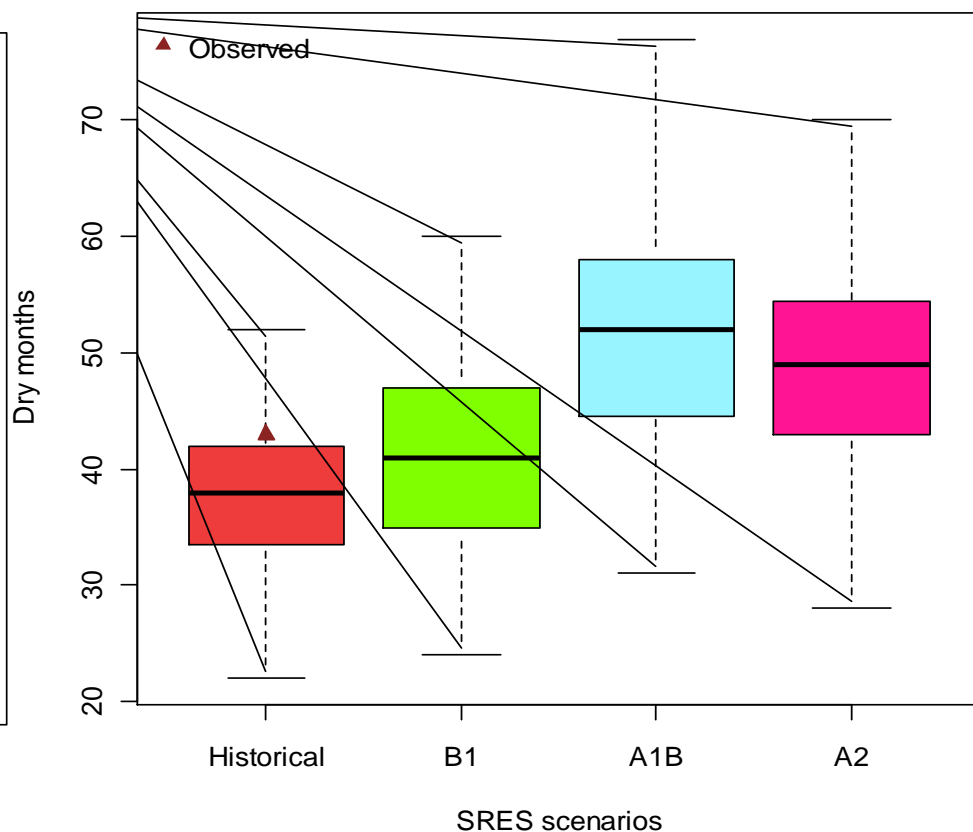


Κλιματική Αλλαγή και Ξηροί Μήνες (2080-2100)

SPI-24



SPEI-24





Κλιματική Αλλαγή και Χαρακτηριστικά Ξηρασίας (2080-2100)

SPI

	Timescale 6-months				Timescale 12-months				Timescale 24-months			
	Average	Min	Median	Max	Average	Min	Median	Max	Average	Min	Median	Max
Severity												
Historical	0.42	0.33	0.42	0.55	0.43	0.29	0.43	0.77	0.43	0.24	0.41	0.73
B1	0.45	0.34	0.44	1.13	0.46	0.30	0.45	0.74	0.44	0.20	0.42	0.84
A1B	0.46	0.20	0.46	0.58	0.48	0.30	0.47	0.69	0.49	0.21	0.48	0.82
A2	0.46	0.32	0.46	0.58	0.47	0.30	0.47	0.74	0.47	0.16	0.47	0.89
Maximum cumulative severity												
Historical	4.85	2.72	4.84	8.89	8.86	3.61	8.42	18.31	10.31	3.49	10.56	20.29
B1	5.15	1.13	4.95	10.84	6.69	2.82	6.24	14.36	11.63	1.01	11.42	23.10
A1B	5.66	0.20	5.56	11.66	7.87	2.30	7.16	16.31	14.86	2.17	14.86	27.62
A2	5.73	1.79	5.48	12.30	7.43	3.04	7.04	15.39	13.83	0.72	14.02	26.94
Maximum duration												
Historical	8	5	8	13	14	7	13	35	18	10	18	33
B1	8	1	8	14	10	6	9	26	20	4	21	37
A1B	9	1	8	16	11	6	12	26	23	10	24	62
A2	8	3	8	15	11	5	12	29	22	6	23	62



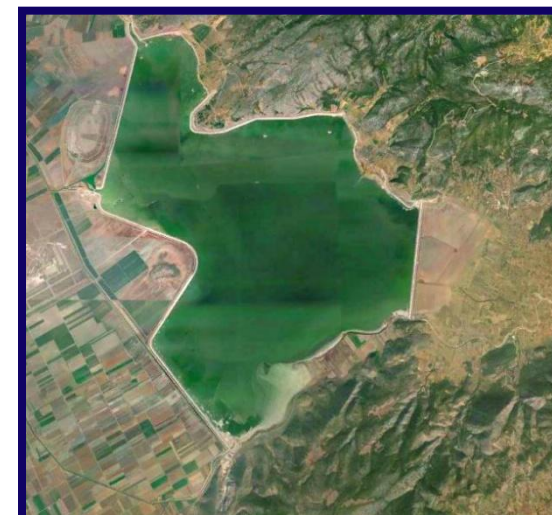
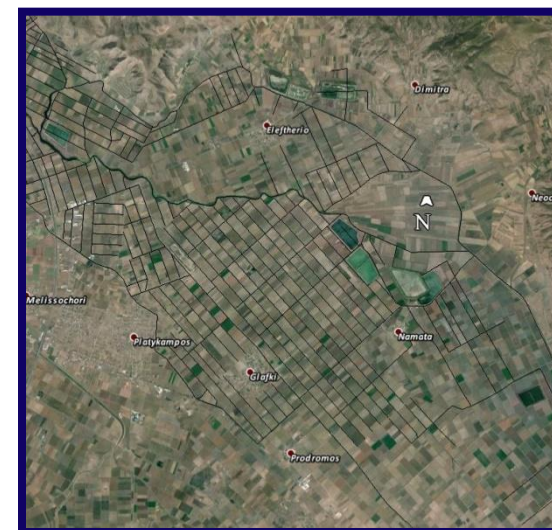
Κλιματική Αλλαγή και Χαρακτηριστικά Ξηρασίας (2080-2100)

SPEI

	Timescale 6-months				Timescale 12-months				Timescale 24-months			
	Average	Min	Median	Max	Average	Min	Median	Max	Average	Min	Median	Max
Severity												
Historical	0.60	0.32	0.59	0.93	0.62	0.29	0.59	1.37	0.54	0.15	0.51	1.37
B1	0.63	0.37	0.62	0.97	0.63	0.27	0.58	1.41	0.56	0.20	0.50	1.45
A1B	0.66	0.37	0.66	1.02	0.68	0.33	0.67	1.20	0.64	0.31	0.58	1.38
A2	0.66	0.43	0.65	0.99	0.67	0.36	0.64	1.30	0.60	0.14	0.57	1.26
Maximum cumulative severity												
Historical	7.56	3.03	7.12	14.85	12.51	2.14	11.79	28.09	12.99	0.52	11.11	38.30
B1	8.06	3.00	7.56	19.31	12.99	1.30	12.44	30.11	14.10	1.73	12.41	37.82
A1B	9.12	3.85	8.81	17.98	13.39	3.01	12.09	36.68	18.86	4.04	16.60	51.25
A2	8.95	3.63	8.19	21.44	15.02	4.19	13.94	33.02	17.32	0.57	15.28	49.10
Maximum duration												
Historical	8	4	7	14	14	5	13	36	18	2	18	35
B1	8	5	7	18	14	3	12	26	19	7	17	37
A1B	8	5	8	16	13	6	12	31	22	8	22	62
A2	8	5	8	17	15	7	13	28	21	5	22	62

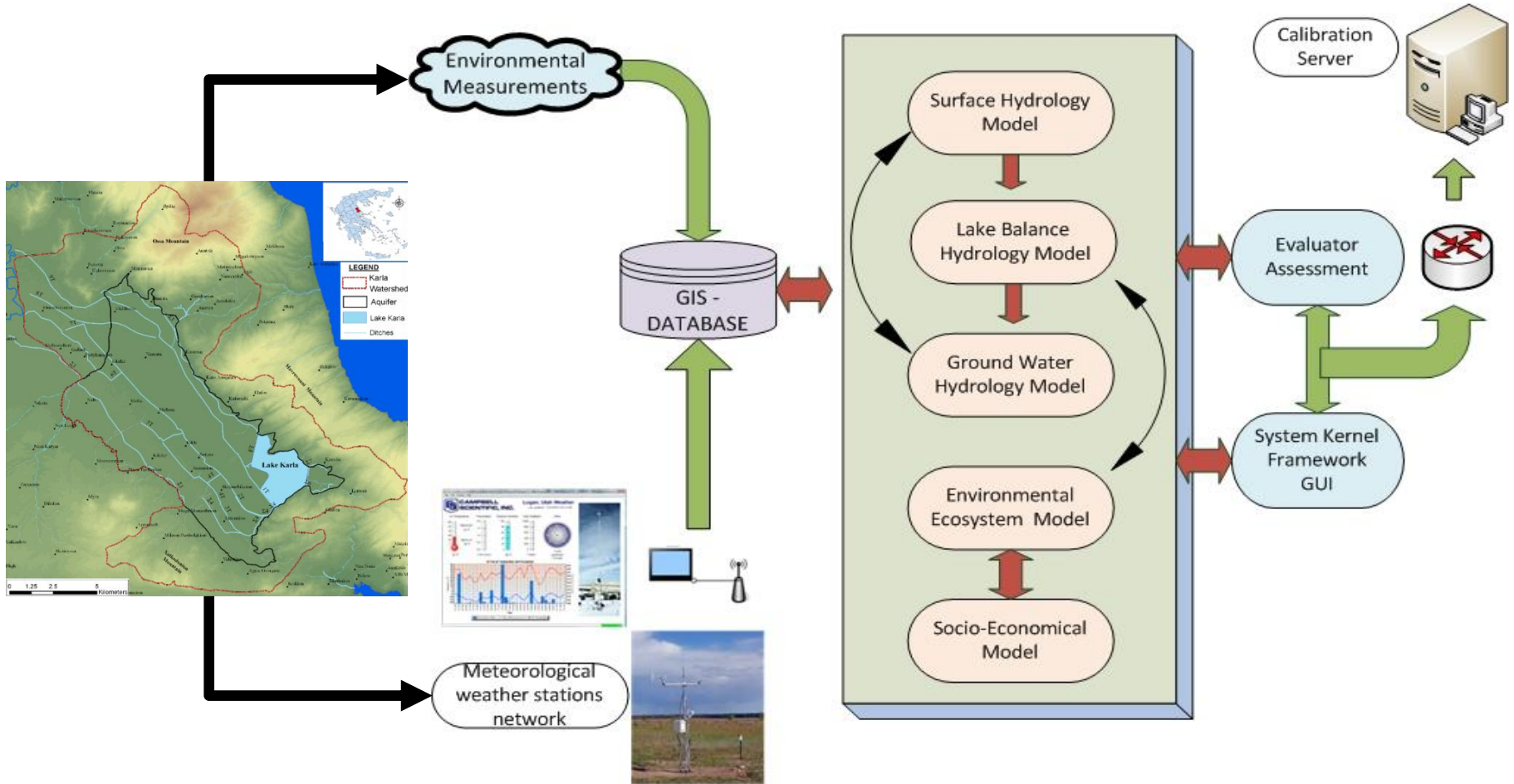


ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



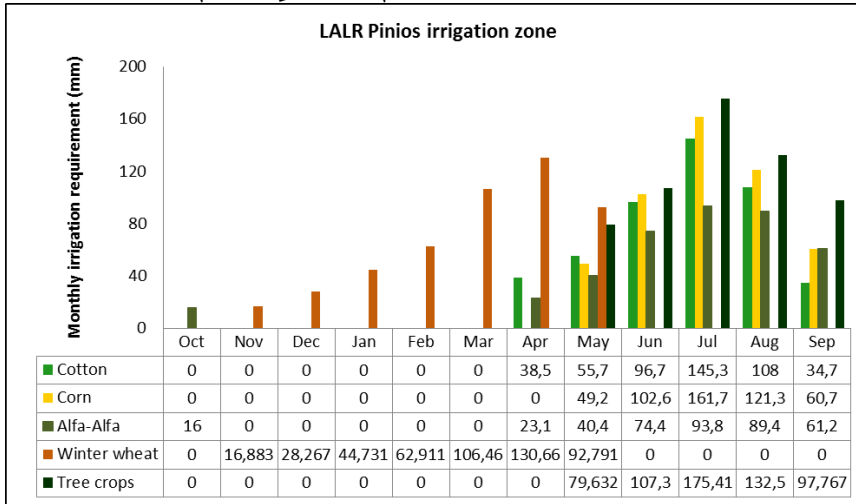


ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

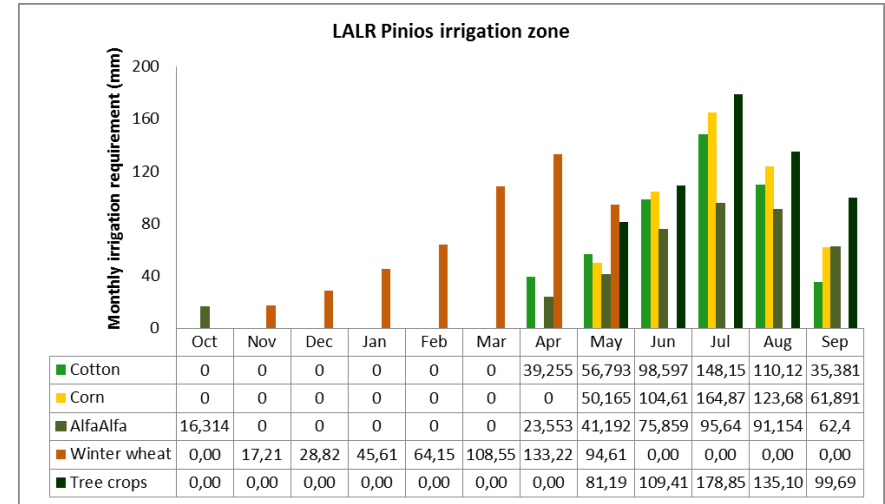




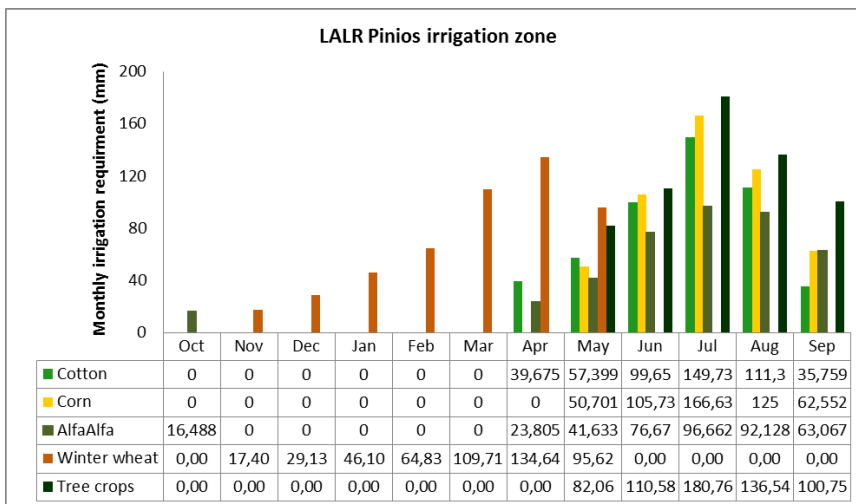
a) Ιστορική Περίοδος 1980-2000



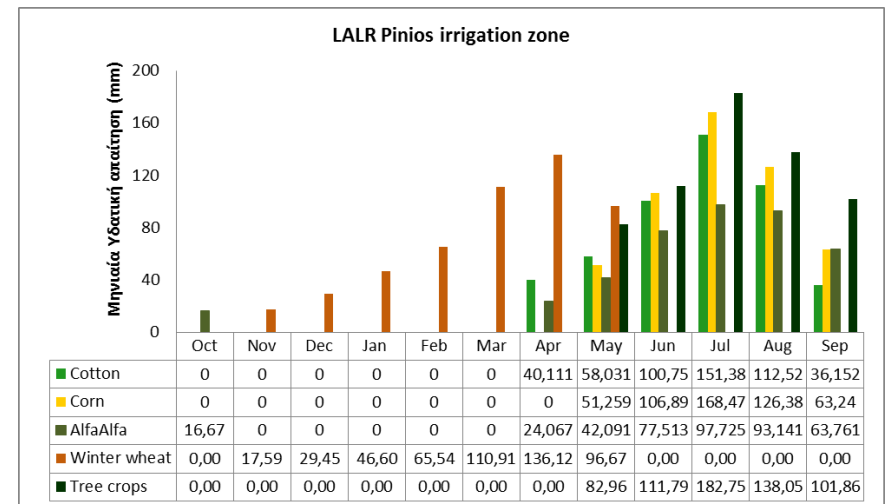
b) SRES B1 2080-2100



c) SRES A1B 2080-2100



d) SRES A2 2080-2100

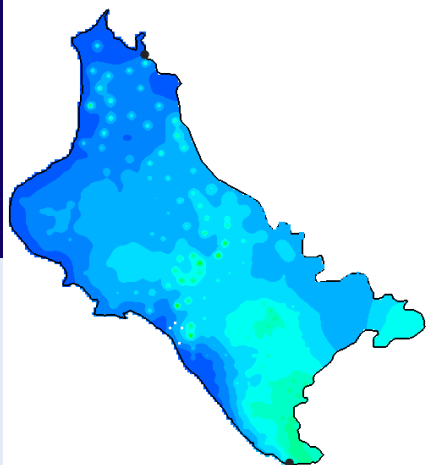




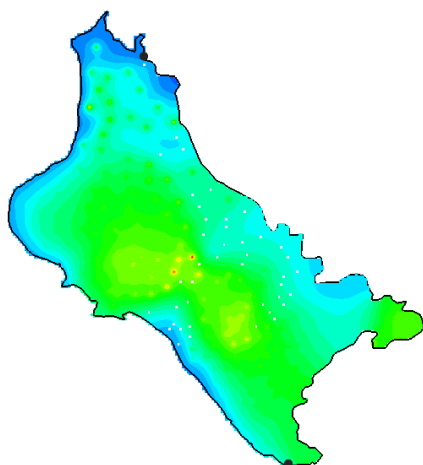
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



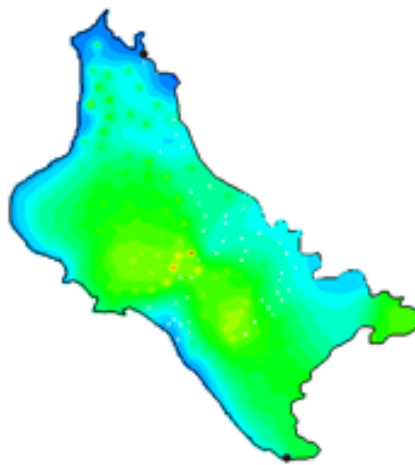
Ιστορική 2000



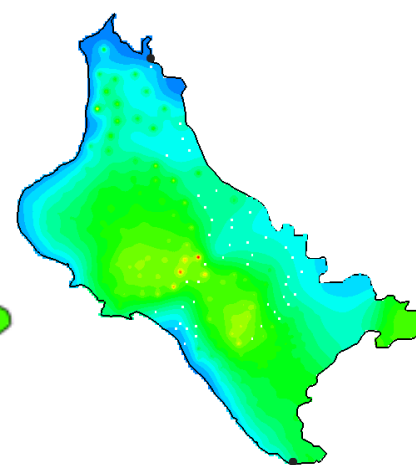
SRESB1 2050



SRESA1B 2050

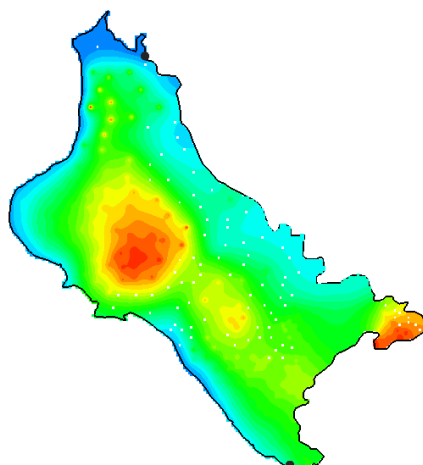


SRESA2 2050

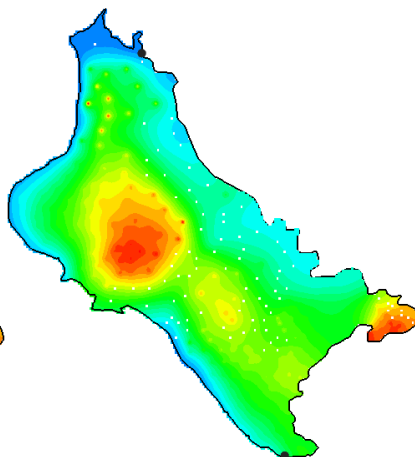


Χάρτες
Υδραυλικών
Φορτίων
Υδροφορέα
για τη
Στρατηγική 1:
Παρούσα
Κατάσταση

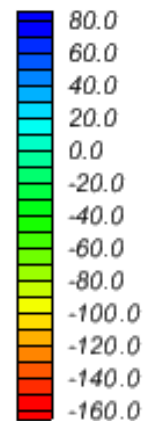
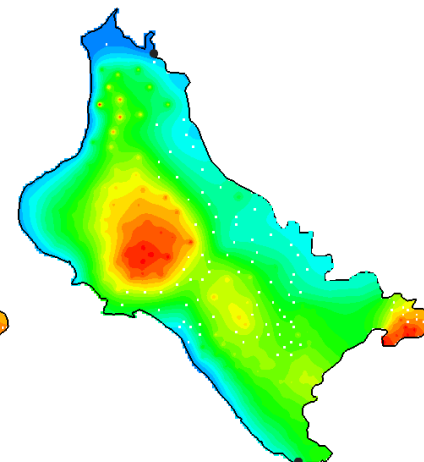
SRESB1 2100



SRESA1B 2100



SRESA2 2100

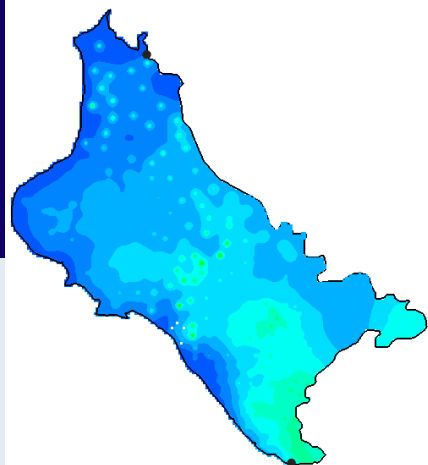




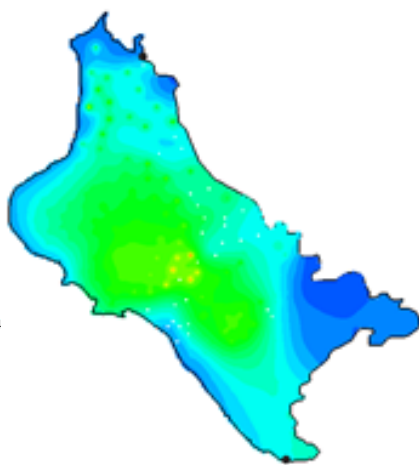
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



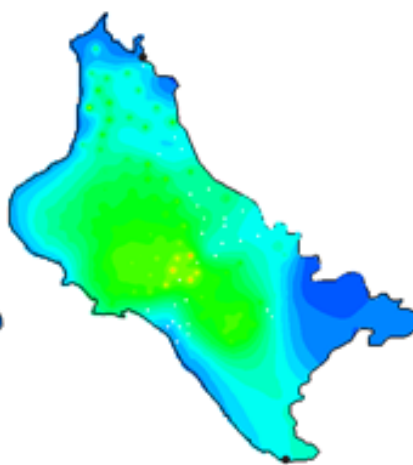
Ιστορική 2000



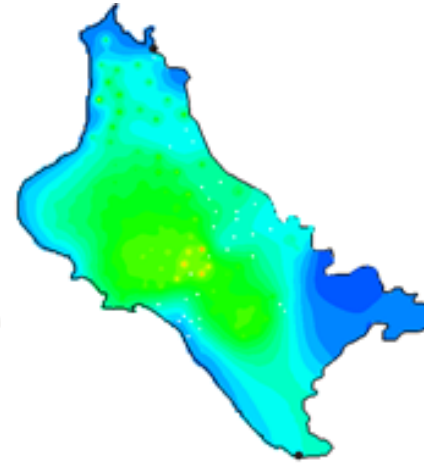
SRESB1 2050



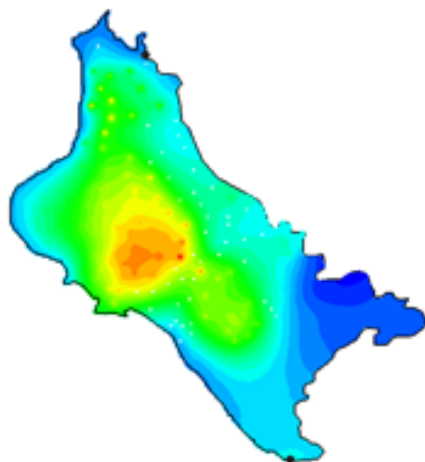
SRESA1B 2050



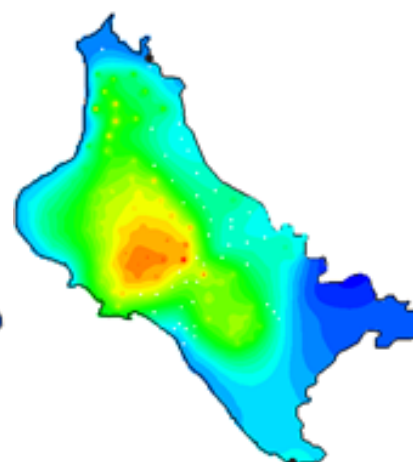
SRESA2 2050



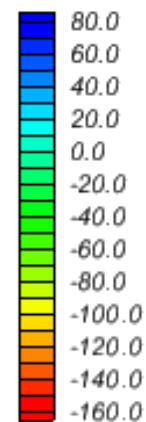
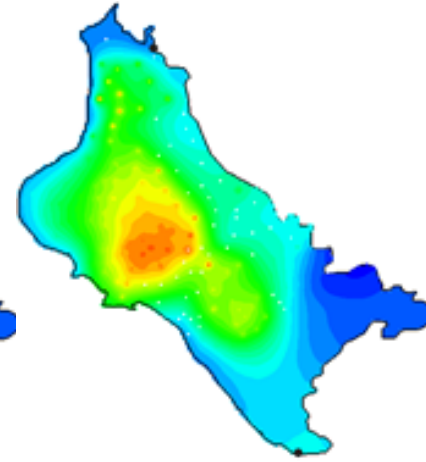
SRESB1 2100



SRESA1B 2100



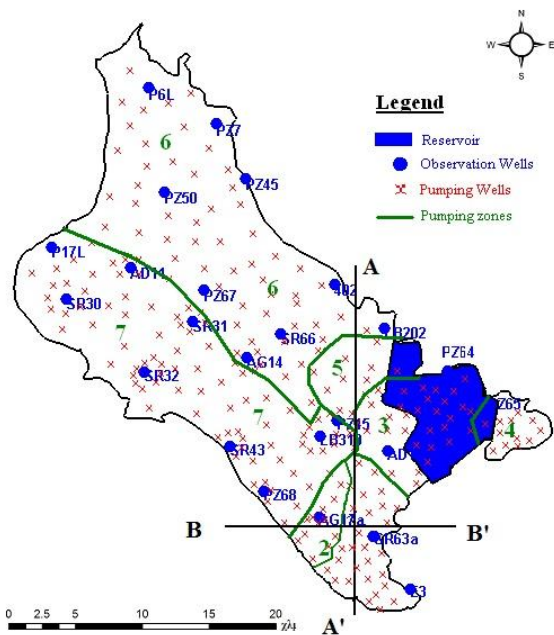
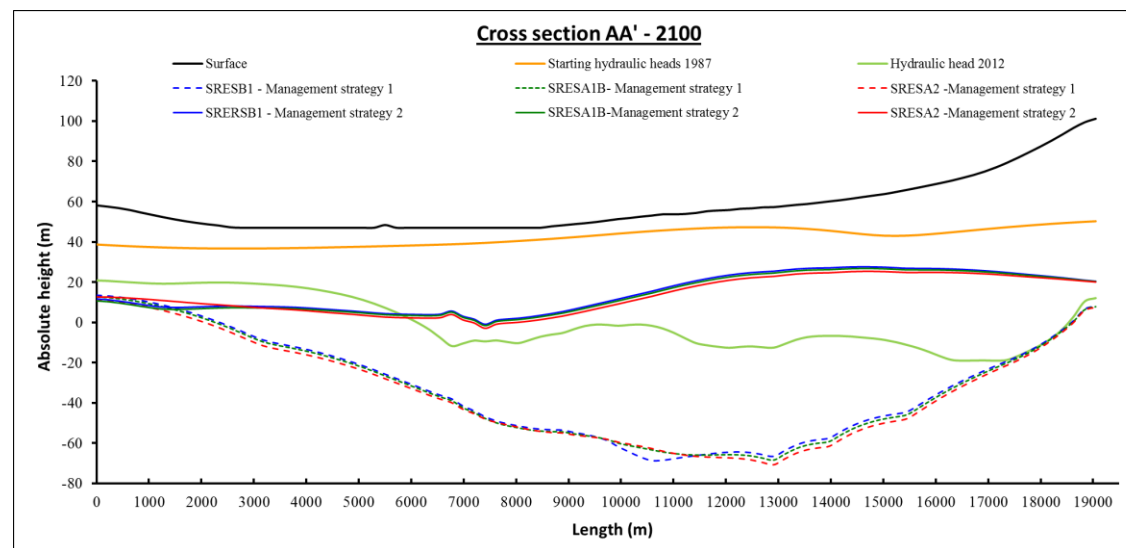
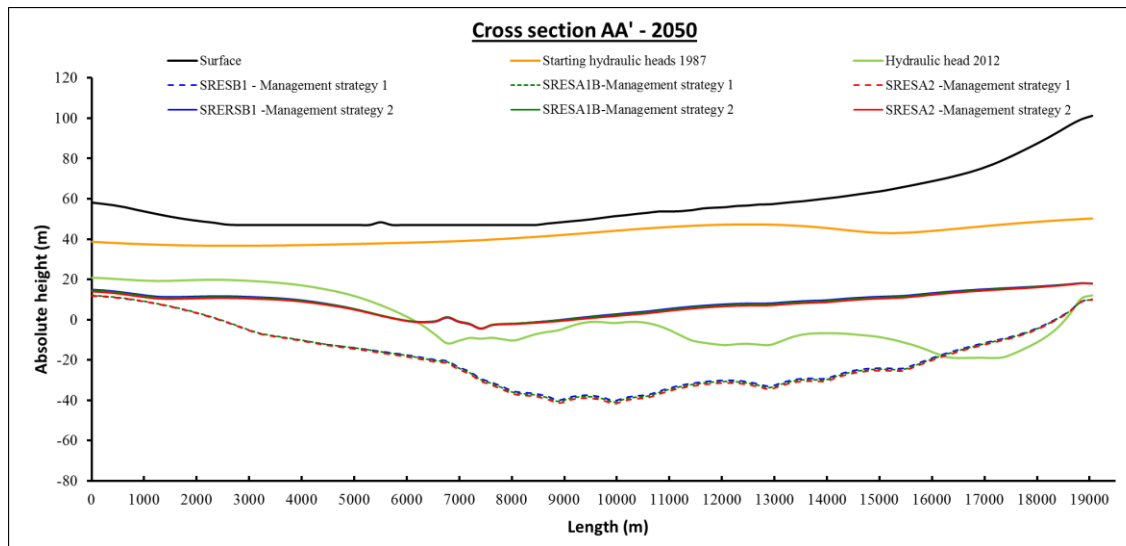
SRESA2 2100



Χάρτες
Υδραυλικών
Φορτίων
Υδροφορέα
για τη
Στρατηγική 2:
Μελλοντική
Κατάσταση

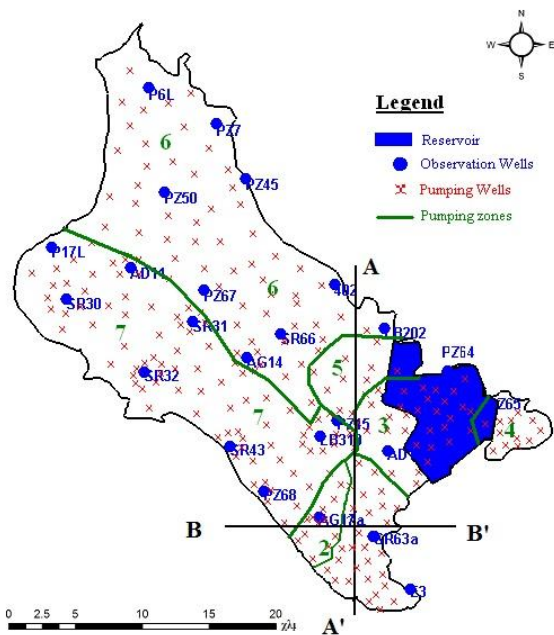
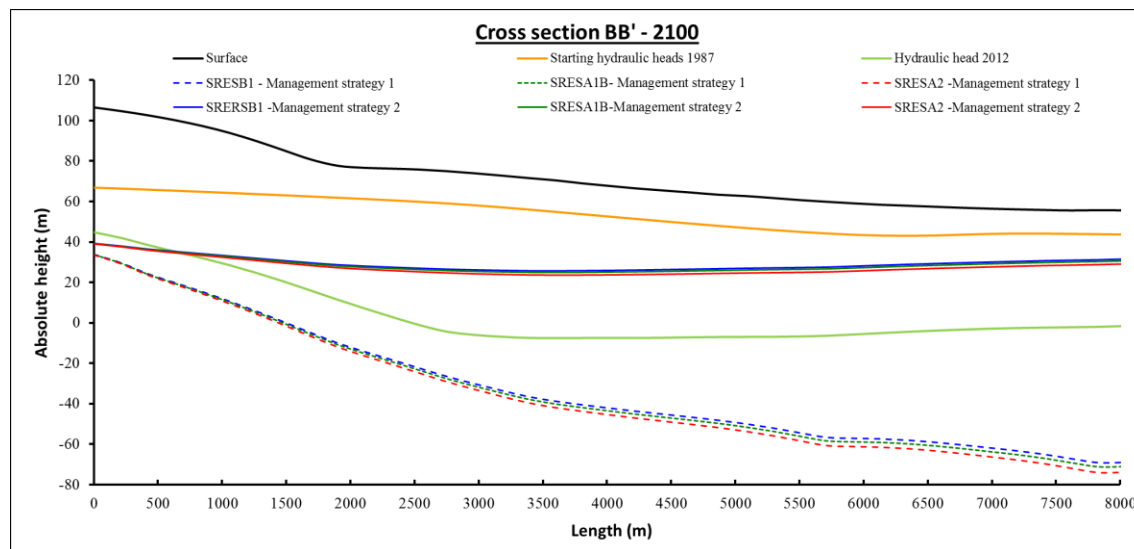
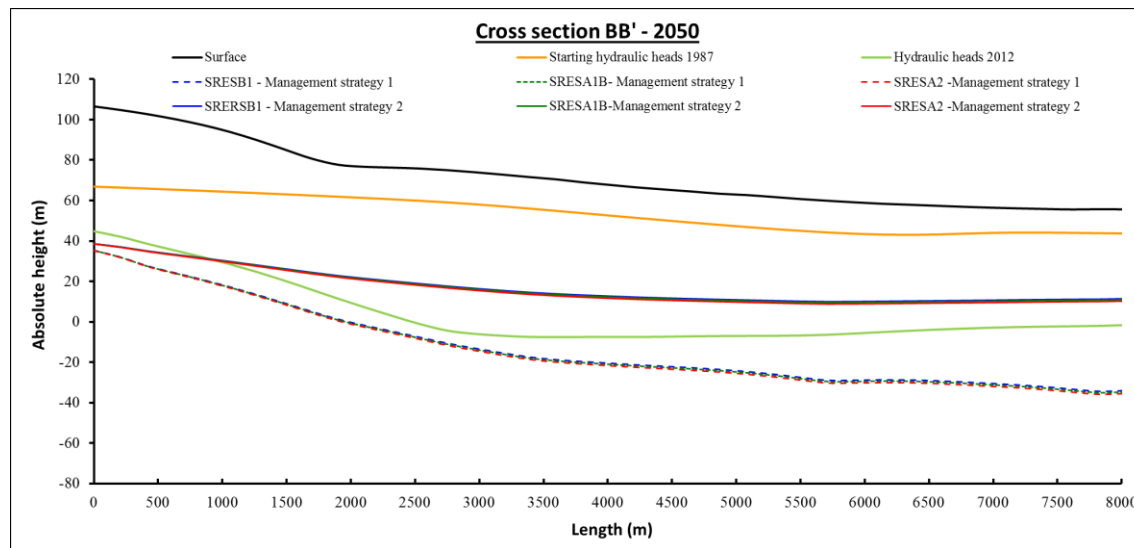


Σύγκριση Διατομών για τις δύο Στρατηγικές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων 1 και 2





Σύγκριση Διατομών για τις δύο Στρατηγικές Διαχείρισης Υδατικών Πόρων 1 και 2





- “Sustainable Use of Irrigation Water in the Mediterranean Region (SIRRIMED)” – FP7-KBBE-2009-3 – Proposal Reference Number: FP7-245159. Scientific Responsible: Dr. Juan José Alarcón, Budget: 4,050,000 € (2010-2013).
- “Development of an Integrated System for the Water Resources Quality and Quantity Monitoring and Management of Agricultural Watersheds Under Climate Change Conditions. Application to Lake Karla Watershed (HYDROMENTOR)”, General Secretariat for Research and Technology. National Action “Cooperation”, Coordinator: Prof. A. Loukas, Budget: 450,000 € (2011-2014).
- “Development of an Integrated Water Resources Environmental and Socioeconomic Modeling System – Application of the System to the Restored Lake Karla (DIWRESMSARLKT)”. Greek Ministry of Education. Program Archimedes III, Coordinator: Prof. N. Samaras, Budget: 100,000 € (2012-2014).
- “European procedures for flood frequency estimation (FloodFreq)” – COST Action ES0901. National Representative (2010-2013).
- “Climate Change Effects Estimation on Hydrometeorological Data in Thessaly, Epirus and West Sterea Ellada ”, Special Secretariat of Water, Ministry of Environment and Climate Change, Consortium J. Karavokyris and Associates Consulting Engineers S.A. Scientific Responsible: Assoc. Prof. N. Mylopoulos. Budget:58,000 € (2011)



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΤΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ, ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΕΣ, ΥΠΟΨΗΦΙΟΥΣ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΕΣ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ
ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ
