



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ  
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SWMM**

ΜΟΥΡΑΤΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

Επιβλέπων :

Τσιχριντζής Βασίλειος, Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2020

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Το παρόν τεύχος με τίτλο « Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε αστική λεκάνη με τη χρήση του λογισμικού SWMM » αποτελεί τη διπλωματική μου εργασία, η οποία ολοκληρώθηκε υπό την επίβλεψη του κ. Βασίλη Τσιχριντζή. Αρχικά, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου προσέφερε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο, καθώς επίσης και για τη συνεχή αρωγή και στήριξή του κατά τη διεκπεραίωση της εργασίας.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Ιωάννη Κούρτη υποψήφιο διδάκτορα, ο οποίος ήταν συνεχώς στο πλάι μου για να με καθοδηγήσει και να με συμβουλέψει, χωρίς την βοήθεια του θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της εργασίας. Θα επιθυμούσα, ακόμα, να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον ξάδερφό μου κ.Κωνσταντίνο Κατακαλίδη, απόφοιτο του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Ε.Κ.Π.Α, ο οποίος συνείσφερε με τις γνώσεις του στο προγραμματιστικό κομμάτι της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου οι οποίοι υπήρξαν συμπορευτές και συνταξιδιώτες στο μονοπάτι της γνώσης αυτά τα έτη φοίτησης στο Πολυτεχνείο και να τους ευχηθώ μια επιτυχημένη σταδιοδρομία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία στάθηκε ως έρεισμα και με βοήθησε να προσπελάσω κάθε δυσκολία που συνάντησα.

## Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	11
ABSTRACT .....	13
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Η ιστορία των αποχετεύσεων στην Αθήνα.....	1
1.2 Σημασία της αποχέτευσης .....	2
1.3 Παντοροϊκά και χωριστικά συστήματα .....	2
1.4 Σκοπός εργασίας.....	4
1.5 Διάρθρωση εργασίας.....	4
<b>2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....</b>	<b>5</b>
2.1 Σχεδιασμός αποχετευτικών συστημάτων .....	5
2.1.1 Γενικά.....	5
2.1.2 Προεδρικό Διάταγμα 696/74 .....	6
2.2 Ευρωπαϊκή οδηγία 2007/60 .....	6
2.3 Κλιματική αλλαγή .....	7
2.3.1 Ορισμός κλιματικής αλλαγής .....	7
2.3.2 Αίτια κλιματικής αλλαγής.....	8
2.3.3 Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη.....	9
2.3.4 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη .....	10
2.3.5 Φαινόμενα κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα .....	11
2.3.6 Αποτελέσματα των επιπτώσεων στον Ελλαδικό χώρο .....	11
2.3.7 Αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο κέντρο της Αττικής (περιοχή μελέτης).....	12
2.4 Κλιματικά μοντέλα.....	13
2.4.1 Γενικά.....	13
2.4.2 Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (Global Climate Models or General Circulation Models - GCMs) .....	13
2.4.3 Η έννοια του καταβιβασμού κλίμακας (downscaling).....	15
2.4.4 Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models-RCMs).....	16

2.4.5 Bias correction .....	17
2.5 Κλιματικά σενάρια .....	18
2.5.1 Ορισμός .....	18
2.5.2 Ομάδες σεναρίων A & B .....	19
2.5.3 Σύγχρονα κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs) .....	20
2.6 Παρόμοιες μελέτες .....	22
<b>3. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SWMM .....</b>	<b>27</b>
3.1 Γενικά.....	27
3.2 Τα αντικείμενα του SWMM.....	27
3.3 Τυπικές εφαρμογές και δυνατότητες του SWMM.....	30
3.4 Ενοιολογική αντίληψη μοντέλου .....	32
3.5 Υπολογιστικές μέθοδοι.....	33
<b>4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....</b>	<b>35</b>
4.1 Γενική περιγραφή .....	35
4.2 Περιγραφή της πορείας των εργασιών .....	40
4.3 Ψηφιοποίηση και αναπαράσταση του αποχετευτικού δικτύου.....	40
4.4 Χάραξη αστικών λεκανών απορροής.....	41
4.5 Χρήσεις γης .....	46
4.6 Μοντελοποίηση αποχετευτικού δικτύου μέσω του λογισμικού inp.PINS .....	47
4.7 Μοντελοποιημένο αποχετευτικό δίκτυο στο SWMM .....	48
4.8 Εισαγωγή δεδομένων αποχετευτικού δικτύου στο λογισμικό SWMM.....	49
4.9 Εκτίμηση παροχών ξηρού καιρού .....	51
4.10 Δημιουργία σεναρίων .....	54
<b>5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>58</b>
5.1 Μοντέλο CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	59
5.2 Μοντέλο <i>CLMcom-CCM4-8-17</i> - MOHC-HadGEM2-ES.....	77
5.3 Μοντέλο CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR.....	80
5.4 Μοντέλο CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	83
5.5 Μοντέλο <i>SMHI-RCA4</i> - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	88
5.6 Μοντέλο <i>SMHI-RCA4</i> - IPSL-IPSL-CM5A-MR.....	91



5.7 Μοντέλο <i>SMHI-RCA4</i> - MOHC-HadGEM2-ES .....	94
5.8 Μοντέλο <i>KNMI-RACMO22E</i> - ICHEC-EC-EARTH .....	97
5.9 Μοντέλο IPSL-INNERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR.....	100
5.10 Μοντέλο MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR .....	103
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>107</b>
6.1 Γενικά συμπεράσματα.....	107
6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα .....	107
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>109</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>114</b>
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ CLMcom-CCM4-8-17 - MOHC-HadGEM2-ES.....	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ CLMm-CCLM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR .....	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟ CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>SMHI-RCA4-CNRM</i> - CERFACS-CNRM-CM5 .....	161
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>SMHI-RCA4</i> - IPSL-IPSL-CM5A-MR .....	176
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>SMHI-RCA4</i> - MOHC-HadGEM2-ES ...	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>KNMI-RACMO22E</i> – ICHEC-EC-EARTH	206
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>IPSL-INNERIS</i> - WRF331F .....	221
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>MPI-CSC-REMO2009</i> - MPI-M-MPI-ESM-LR.....	236

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1: Μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων υπολεκανών .....	53
Πίνακας 4.2: Περιοχικά και παγκόσμια μοντέλα .....	55
Πίνακας 5.1 Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ.....	60
5.2 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - ΜΟΗC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ .....	78
5.3 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR και της Ε.Μ.Υ.....	81
5.4 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ.....	84
5.5 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ.....	89
5.6 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR και της Ε.Μ.Υ.....	92
5.7 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - ΜΟΗC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ.....	95
5.8 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - ΜΟΗC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ.....	98
5.9 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου IPSL-INERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR και της Ε.Μ.Υ.....	101
5.10 Πίνακας: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR και της Ε.Μ.Υ.....	104

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2. 1: Αποτελέσματα καταβιβασμού κλίμακας πειράματος CORDEX .....	15
Εικόνα 2. 2 : Χωρική ανάλυση περιοχικών κλιματικών μοντέλων	
Πηγή: Ιστότοπος:	
<a href="https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pespka/2_klimatikes_metavoles_pde.pdf">https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pespka/2_klimatikes_metavoles_pde.pdf</a>	16
Εικόνα 3. 1: Μη γραμμικό μοντέλο δεξαμενής μιας υπολεκάνης στο SWMM	
Πηγή: Rossman (2016).....	33
Εικόνα 3. 2: Είδη υποπεριοχών σε μια υπολεκάνη στο SWMM	
Πηγή: Rossman (2016).....	34
Εικόνα 4. 1: Απεικόνιση Παντοροϊκού Δικτύου Αθηνών	
Πηγή: Κούρτης 2016 .....	35
Εικόνα 4. 2: Σχετική θέση περιοχής μελέτης και διοικητική διαίρεση .....	37
Εικόνα 4. 3: Δορυφορική απεικόνιση Ζώνης Δ' Παντοροϊκού δικτύου Αθηνών (Google Earth).....	39
Εικόνα 4. 4: Αποχετευτικό δίκτυο Δ' Ζώνης παντοροϊκού δικτύου Αθηνών .....	41
Εικόνα 4. 5: Αρχικά DTM ευρύτερης περιοχής.....	42
Εικόνα 4. 6: Χάραξη ισοϋψών καμπυλών.....	43
Εικόνα 4. 7: Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους περιοχής μελέτης.....	44
Εικόνα 4. 8: Υδροκριτικές γραμμές οικοδομικών τετραγώνων.....	45
Εικόνα 4. 9: Αστικές λεκάνες απορροής Δ' Ζώνης Παντοροϊκού δικτύου Αθηνών .....	46
Εικόνα 4. 10: Χάρτης χρήσεων γης Δ' Ζώνης Παντοροϊκού δικτύου Αθηνών ( Corine Landcover 2012) .....	47
Εικόνα 4. 11: Μοντελοποιημένο αποχετευτικό δίκτυο στο λογισμικό SWMM.....	49
Εικόνα 4. 12: Ονομασίες λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης.....	54
Εικόνα 4. 13: Κώδικας ελέγχου των δεδομένων .....	57
Εικόνα 5. 1: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις για όλα τα σενάρια του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	59
Εικόνα 5. 2: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις της Ε.Μ.Υ από τον μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας Αττικής	
Πηγή: Ιστότοπος: <a href="http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city">http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city</a> .....	60
Εικόνα 5. 3: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	62
Εικόνα 5. 4: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	63
Εικόνα 5. 5: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	63

Εικόνα 5. 6: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	64
Εικόνα 5. 7: Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	65
Εικόνα 5. 8: Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	65
Εικόνα 5. 9: Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	66
Εικόνα 5. 10: Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	66
Εικόνα 5. 11: Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	67
Εικόνα 5. 12: Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	67
Εικόνα 5. 13: Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	68
Εικόνα 5. 14: Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	68
Εικόνα 5. 15: Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	69
Εικόνα 5. 16: Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	69
Εικόνα 5. 17: Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	70
Εικόνα 5. 18: Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	70
Εικόνα 5. 19: Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	71
Εικόνα 5. 20: Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	71
Εικόνα 5. 21: Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	72
Εικόνα 5. 22: Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	72
Εικόνα 5. 23: Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	73
Εικόνα 5. 24: Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	73
Εικόνα 5. 25: Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	74

Εικόνα 5. 26: Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	74
Εικόνα 5. 27: Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	75
Εικόνα 5. 28: Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	75
Εικόνα 5. 29: Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	76
Εικόνα 5. 30: Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	76
Εικόνα 5. 31: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES .....	77
Εικόνα 5. 32: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - MOHC-HadGEM2-ES .....	80
Εικόνα 5. 33: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR.....	81
Εικόνα 5. 34: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR .....	83
Εικόνα 5. 35: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	84
Εικόνα 5. 36: Εκτίμηση των καλοκαιρινών βροχοπτώσεων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες Πηγή: Perspectives on Atmospheric Sciences.....	85
Εικόνα 5. 37: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	87
Εικόνα 5. 38: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5.....	88
Εικόνα 5. 39: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 .....	91
Εικόνα 5. 40: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR.....	92
Εικόνα 5. 41: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR .....	94
Εικόνα 5. 42 :Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES .....	95
Εικόνα 5. 43: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES .....	97
Εικόνα 5. 44: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου KNMI-RACMO22E - ICHEC-EC-EARTH .....	98
Εικόνα 5. 45: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου KNMI-RACMO22E - ICHEC-EC-EARTH.....	100

Εικόνα 5. 46: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου IPSL-INERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR .....	101
Εικόνα 5. 47: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου IPSL-INERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR .....	103
Εικόνα 5. 48: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR .....	104
Εικόνα 5. 49: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR .....	106

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπό της εργασίας, αποτέλεσε η διερεύνηση της υδραυλικής συμπεριφοράς του αποχετευτικού συστήματος της περιοχής με βάση πιθανά κλιματικά σενάρια, η σύγκριση κλιματικών δεδομένων με σύγχρονες παρατηρήσεις και η επισήμανση ενδεχόμενου πλημμυρικού κινδύνου.

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής απασχολεί την επιστημονική κοινότητα ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Τα αποτελέσματα της είναι ήδη ορατά σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει μαθηματικά μοντέλα, τα οποία περιλαμβάνουν πιθανά σενάρια κλιματικών μεταβολών και συμπεριφορών, ώστε να επιτευχθεί η πρόγνωση των επόμενων ετών. Τα κλιματικά μοντέλα εξετάζουν κλιματικές συμπεριφορές ακόμη και για μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Απώτερος σκοπός της δημιουργίας των μοντέλων αυτών είναι ο «θωράκιση» των πολιτειών από τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αλλά και η συνειδητοποίηση της σημαντικότητας των συνεπειών αυτών και συνεπώς η αναγκαιότητα για υιοθέτηση μέτρων που μπορούν να τις περιορίσουν.

Αντικείμενο λοιπόν της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία προσομοιώσεων σε μια αστική λεκάνη χρησιμοποιώντας χρονοσειρές βροχοπτώσεων από κλιματικά μοντέλα. Η περιοχή μελέτης ανήκει στη ζώνη Δ του παντοροϊκού συστήματος της Αθήνας. Το αρχικό στάδιο της εργασίας περιλαμβάνει την μοντελοποίηση της περιοχής, καθώς επίσης και του αποχετευτικού της συστήματος με τη χρήση των λογισμικών Autocad και ArcGis.

Στη συνέχεια, οι χρονοσειρές βροχοπτώσεων προέκυψαν από περιοχικά κλιματικά μοντέλα RGMs, κατευθυνόμενα από παγκόσμια κλιματικά μοντέλα GCMs, τα οποία διαθέτουν το καθένα 3 ή 4 σενάρια. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν προϊόν της εφαρμογής DEAR-Clima. Όλες οι χρονοσειρές είχαν την ίδια χρονική περίοδο, η οποία ήταν 30 έτη. Τα ιστορικά σενάρια αφορούν την χρονική περίοδο 1976-2005 ενώ τα μελλοντικά στην χρονική περίοδο 2021-2050.

Συνολικά, δημιουργήθηκαν 32 προσομοιωτικά μοντέλα. Το EPA SWMM 5.1 αποτέλεσε το λογισμικό με το οποίο πραγματοποιήθηκε το μοντέλο.

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δεν ανταποκρίθηκαν στην πραγματικότητα, καθώς οι βροχές των χρονοσειρών ήταν ανηγμένες στις ώρες της ημέρας και δεν ανταποκρίνονταν στην πραγματική διάρκεια του γεγονότος. Ωστόσο, η σύγκριση των μοντέλων και των σεναρίων αυτών έδωσε μια ικανοποιητική εικόνα για τις κλιματικές αλλαγές που προβλέπονται για την περιοχή μελέτης, όπως επίσης και για τη σχετική αξιοπιστία των κλιματικών μοντέλων.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, επιπτώσεις, κλιματικά μοντέλα, κλιματικά σενάρια, παντοροϊκό δίκτυο Αθήνας, βροχοπτώση, προσομοίωση, λογισμικό SWMM, αξιοπιστία



## ABSTRACT

The aim of this paper is to study the storm sewer system of an urban area based on possible climatic scenarios, compare climatic data with contemporary observations and state the potential risk of inundation.

Climatic change has been an issue of concern for the scientific community, especially in the recent years. Its effects are already visible throughout the world. Scientists have developed mathematical models, which include possible scenarios of climatic change and behavior, so as to be able to make predictions for the following years. The climatic models examine climatic behavior even until the end of the 21<sup>st</sup> century. The ultimate goal of developing such model is to safeguard states from the negative impact of climatic change as well as to realize the significance of its consequences, and therefore, adopt behaviors that can limit them.

The objective of this thesis is the creation of simulations in an urban basin using rainfall timeseries from climatic models. The study area is part of zone D of the Combined sewer system of Athens. The initial stage of this paper includes modelization of both the area and the sewage system using the ArcGis and Autocad software.

Subsequently, the rainfall timeseries derived from regional RGM models, guided by the international GCM models, each of which offers 3-4 scenarios. This data is the product of the DEAR – Clima application. All the timeseries include the same 30 year time period. The historical scenarios refer to the time period 1976 – 2005, while the future ones refer to the period 2021 – 2050.

In total, 32 simulation models were created. The simulations were conducted using the EPA SWMM 5.1 software.

Simulation results failed to describe reality due to an assumed duration of rain events. However, the comparison of models and their scenarios provided a sufficient picture for the climate changes forecasted in the study area as well as the reliability of those models.

Keywords: Climate change, impacts, climate models, climatic scenarios, combined sewer system of Athens, rainfall, simulation, SWMM software, reliability

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Η ιστορία των αποχετεύσεων στην Αθήνα

Το ιστορικό των έργων αποχέτευσης στην πρωτεύουσα μπορεί να μελετηθεί σε 5 διαφορετικές χρονικές περιόδους ξεκινώντας από την αρχαιότητα μέχρι το παρόν. Η πρώτη περίοδος λοιπόν, ορίζεται από την αρχαιότητα μέχρι το 1840, όπου η ύπαρξη ανοικτών συστημάτων αποχέτευσης και η ανυπαρξία οργανωμένου δικτύου οδήγησε σε πολλούς θανάτους εξαιτίας ασθενειών όπως η πανώλη ή η χολέρα. Μέχρι να γίνει η αντικατάσταση με ένα σύστημα διοχέτευσης των λυμάτων σε σηπτικούς βόθρους μεσολάβησαν 15 αιώνες. (<https://www.eydap.gr/>)

Το δεύτερο διάστημα που διακρίνεται είναι από το 1840-1930, κατά το οποίο δημιουργείται ένα σύστημα συλλογής και μεταφοράς ακαθάρτων και ομβρίων. Η πρώτη γαλλική Αποστολή Δημοσίων Έργων κατασκεύασε το 1860 τον παντοροϊκό αγωγό της Σταδίου, του οποίου η επέκταση ολοκληρώθηκε το 1870, ενώ το 1925, ο Δήμος Αθηναίων μελέτησε και κατασκεύασε το “Νέο Μεγάλο Αγωγό”. Ταυτόχρονα κατασκευάστηκε ένα μεγάλο τεχνικό έργο, η συμβολή των δύο “Μεγάλων Αγωγών” στις οδούς Μάρνη και Παιωνίου. (<https://www.eydap.gr/>)

Τρίτη περίοδος είναι οι δεκαετίες 1930-1950, στην διάρκεια των οποίων κατασκευάστηκε ο αγωγός ακαθάρτων του ρέματος Προφήτη Δανιήλ με αποδέκτη το Φαληρικό Δέλτα, χερσαίου μήκους 6,5 χλμ. και υποθαλάσσιο περίπου 700 μ. Ταυτόχρονα ολοκληρώθηκε η κατασκευή με βάση την προμελέτη του καθηγητή Φαντόλι τριών βασικών έργων υποδομής στην Αθήνα: 1) κατασκευή του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού (ΚΑΑ), 2) κατασκευή του μεγάλου και βασικού συλλεκτήρα, μετά από οριστική μελέτη που συντάχθηκε για τον Ιλισό, 3) διευθέτηση τμημάτων του Κηφισού. (<https://www.eydap.gr/>)

Τέταρτη περίοδος ήταν το διάστημα 1950-1980, όπου η έντονη ανοικοδόμηση έκανε επιτακτική την ανάγκη για κατασκευή μεγάλων αποχετευτικών έργων. Απόρροια αυτής, ήταν η σύσταση του Οργανισμού Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΟΑΠ), ο οποίος έθεσε τα

θεμέλια για την υποδομή του αποχετευτικού συστήματος της πόλης των Αθηνών.  
(<https://www.evdap.gr/>)

Οι αρμοδιότητες του αυτού του οργανισμού «πέρασαν» το 1980 στην ΕΥΔΑΠ. Με τη δημιουργία του νέου φορέα εκτός από την αποχέτευση, την απορροή των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων, πέρασε στη δικαιοδοσία του και ο έλεγχος της διαδικασίας καθαρισμού των λυμάτων και η τελική διάθεσή τους στη θάλασσα  
(<https://www.evdap.gr/>).

## 1.2 Σημασία της αποχέτευσης

Το πόσο κομβικό ρόλο διαδραματίζουν τα αστικά έργα αποχέτευσης λυμάτων στο βιοτικό επίπεδο του ανθρώπου, αλλά και στη δημόσια υγεία είναι εύκολα κατανοητό, αν παρατηρηθούν περιοχές, όπου η απουσία αποχετευτικών δικτύων έχει αποτελέσματα όπως η ρύπανση του εδάφους και κατ' επέκταση των υπόγειων υδροφορέων, η ρύπανση των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων και άλλων κινδύνων για τη δημόσια υγεία (Τσακίρης 2013).

Παράλληλα και η έλλειψη αποτελεσματικού δικτύου αποχέτευσης για τα όμβρια ύδατα δημιουργεί μεγάλα προβλήματα, καθώς σε κάθε πιθανή, έντονη βροχόπτωση ελλοχεύει ο κίνδυνος να πλημμυρίσουν δρόμοι, σπίτια, αυτοκίνητα ή ακόμα και να χαθούν ανθρώπινες ζωές (Τσακίρης 2013).

Τα αστικά συστήματα αποχέτευσης λοιπόν, στόχο έχουν την διαχείριση ομβρίων και λυμάτων χειρίζονται, ώστε να ελαχιστοποιούνται τα προβλημάτων που προκαλούνται στην ανθρώπινη ζωή και το περιβάλλον.

## 1.3 Παντοροϊκά και χωριστικά συστήματα

Τα συστήματα αποχέτευσης χωρίζονται σε βασικούς τύπους, ανάλογα με το εάν τα απόβλητα και τα όμβρια ρέουν μαζί, παντοροϊκό σύστημα, ή αν όμβρια και απόβλητα ρέουν σε διαφορετικούς αγωγούς, χωριστικό σύστημα, όπως ορίζεται και από τον νόμο 846/2009, το χωριστικό σύστημα αποχέτευσης, είναι το σύστημα που περιλαμβάνει

χωριστούς αγωγούς και εξωτερικές διακλαδώσεις για την αποχέτευση των ομβρίων υδάτων και χωριστούς αγωγούς και εξωτερικές διακλαδώσεις για την αποχέτευση των ακαθάρτων υδάτων, ενώ το παντοροϊκό σύστημα αποχέτευσης, είναι το σύστημα αποχέτευσης που περιλαμβάνει κοινούς αγωγούς και κοινές εξωτερικές διακλαδώσεις για την αποχέτευση των ομβρίων και των ακαθάρτων υδάτων (Ευστρατιάδης 2019).

Τα πιο παλιά δίκτυα αποχέτευσης που κατασκευάστηκαν τόσο σε Ευρώπη όσο και σε Αμερική είναι παντοροϊκά. Τα παντοροϊκά κατά το μεγαλύτερο διάστημα μεταφέρουν μόνο λύματα, ωστόσο σχεδιάζονται με διατομές επαρκείς για τη διοχέτευση των ομβρίων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τα παντοροϊκά δίκτυα είναι αρχικά το χαμηλότερο κόστος κατασκευής τους, η οικονομικότερη συντήρησή τους, το γεγονός ότι η απαιτούμενη επιφάνεια των οδών είναι μικρότερη, καθώς και ο ευκολότερος έλεγχος ιδιωτικών συνδέσεων των οικιών με τους υπονόμους. Ωστόσο έχουν και αρκετά μειονεκτήματα, ιδιαίτερα σε ισχυρές βροχοπτώσεις τα νερά υπερχειλίζουν, επίσης κατά την ξηρή περίοδο είναι αυξημένη η παρουσία οσμών, ενώ καθίσταται και μεγαλύτερο το κόστος κατασκευής και λειτουργίας αντλιοστάσιων κτλ (Ευστρατιάδης 2019).

Το χωριστικό σύστημα επιτρέπει την πλήρη ανεξαρτησία στο σχεδιασμό των δύο δικτύων, τα οποία τοποθετούνται πιο εύκολα χωρίς να απαιτείται το βάθος, που επιδιώκεται για τους αγωγούς του παντοροϊκού συστήματος. Οι αγωγοί καλύπτουν το σύνολο του οδικού δικτύου, με στόχο την εξυπηρέτηση όλων των καταναλωτών. Στα πλεονεκτήματα επίσης του χωριστικού δικτύου περιλαμβάνεται και το γεγονός ότι θεωρείται πιο υγιεινό, αφού η ύπαρξη ξεχωριστού αγωγού ακαθάρτων μειώνει τον κίνδυνο ρύπανσης. Στα χωριστικά υπάρχει ένας κεντρικός αγωγός (κύριος συλλεκτήρας), στον οποίο συλλέγεται το σύνολο των λυμάτων, τα οποία κατόπιν οδηγούνται στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), πριν τη διάθεσή τους στο φυσικό υδάτινο σύστημα. Οι αγωγοί αποχέτευσης σχεδιάζονται και λειτουργούν ως αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια. Στην Ελλάδα εφαρμόζεται αποκλειστικά το χωριστικό σύστημα (Ευστρατιάδης 2019).

#### 1.4 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εμβάθυνση στο μείζονος σημασίας θέμα της κλιματικής αλλαγής και τη σύνδεση της με ένα υδραυλικό σύστημα. Η εργασία αυτή περιλαμβάνει τη γνωριμία με τα κλιματικά μοντέλα, τα κλιματικά σενάρια και την εφαρμογή του στην υδρολογία μιας αστικής λεκάνης του δήμου Αθηναίων. Στόχος είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς της αστικής λεκάνης απορροής στις διάφορες χρονοσειρές βροχοπτώσεων που προκύπτουν από αυτά τα μοντέλα. Οι προσομοιώσεις αφορούν χρονικές περιόδους 30 ετών και πραγματοποιούνται με το λογισμικό, το οποίο είναι ένα ευρέως γνωστό μοντέλο υδραυλικής και υδρολογικής προσομοίωσης.

#### 1.5 Διάρθρωση εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο βρίσκεται η εισαγωγή της παρούσας διπλωματικής εργασίας με κάποια βασικά στοιχεία σχετικά με τις αστικά συστήματα αποχέτευσης. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας και αποσαφηνίζει όρους κυρίως που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και φέρει αποσπάσματα και μελέτες σχετικά με αυτή. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά το λογισμικό SWMM ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο εκτελούνται οι κατάλληλες και απαραίτητες διαδικασίες παρουσίασης, επεξεργασίας και μοντελοποίησης της περιοχής μελέτης και του αποχετευτικού δικτύου και παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση του αποχετευτικού δικτύου. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από όλες τις εργασίες που εκτελέστηκαν, ενώ τέλος στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 Σχεδιασμός αποχετευτικών συστημάτων

#### 2.1.1 Γενικά

Για το σχεδιασμό ενός αποχετευτικού συστήματος απαραίτητος είναι ο προσδιορισμός της παροχής ομβρίων υδάτων, καθώς επίσης και των απορροών ξηρού καιρού.

Οι κυριότερες συνιστώσες ενός δικτύου αποχέτευσης ομβρίων που απαιτούν σχεδίαση είναι: οι αποχετευτικοί αγωγοί κυκλικής διατομής και τα φρεάτια εισόδου τα οποία δέχονται τα όμβρια ύδατα, όπως και άλλα έργα χρήσιμα για τη σωστή λειτουργία του δικτύου όπως τα φρεάτια επίσκεψης (Τσακίρης 2010).

Η σχεδίαση των αγωγών ενός συστήματος αποχέτευσης ομβρίων υδάτων πραγματοποιείται με βάση την παροχή των αγωγών οι οποίες υπολογίζονται με βάση τις παρακάτω μεθόδους ( Τσακίρης 2010):

1. Ανάλυση συχνότητας ετήσιων μεγίστων παροχών ομβρίων οι οποίες προκύπτουν από μετρήσεις.
2. Ανάλυση συχνότητας της μέγιστης έντασης βροχόπτωσης για διάφορες διάρκειες βροχοπτώσεων που επίσης προκύπτουν από μετρήσεις.

Συνήθως στο σχεδιασμό ενός δικτύου αποχέτευσης ομβρίων επιλέγεται η δεύτερη μέθοδος από τις παραπάνω διότι:

1. Δεν υπάρχουν μετρήσεις της απορροής της περιοχής πριν την κατασκευή του δικτύου
2. Πιθανές μετρήσεις που θα είχαν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν δεν είναι αξιόπιστες καθώς δεν αντιπροσωπεύουν τα μελλοντικά σενάρια και τις μελλοντικές συνθήκες απορροής

Η χρήση της δεύτερης μεθόδου οδηγεί στην υιοθέτηση της ορθολογικής μεθόδου, η οποία αποτελεί μία μέθοδο υδρολογικού σχεδιασμού, η οποία δίνει τη δυνατότητα της

εκτίμησης, στον μελετητή, της παροχής αιχμής ενός υποθετικού πλημμυρικού γεγονότος για μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς.

Στη παρούσα διπλωματική δεν πραγματοποιήθηκε υπολογισμός παροχής ομβρίων υδάτων παρά μόνο υπολογισμός παροχών ξηρού καιρού που θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Οι παροχές ομβρίων υδάτων στη παρούσα μελέτη προέκυψαν από τα ημερήσια ύψη βροχής του εκάστοτε κλιματικού μοντέλου.

### 2.1.2 Προεδρικό Διάταγμα 696/74

Το Προεδρικό Διάταγμα 696 του 1974 καθόριζε μαζί με άλλα, θέματα εγγειοβελτιωτικών έργων, ύδρευσης και αποχέτευσης. Πιο ειδικά, όρισε τις παροχές υπολογισμού αγωγών ακαθάρτων υδάτων, ως μέση ημερησία παροχή ακαθάρτων όρισε ποσοστό 80% της μέσης ημερησίας κατανάλωσης, κατά την ημέρα της μεγαλύτερης κατανάλωσης ύδατος. Επίσης, όρισε την επιλογή διατομής αγωγών ακαθάρτων υδάτων και όρισε ως ελαχίστη διάμετρο κυκλικών αγωγών τα 20 cm, ενώ για τους ωοειδείς ορίστηκε η διατομή 60/90 cm. Ακόμα, ορίστηκε η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα ροής στους αγωγούς στα 6m/sec.

Για τα δίκτυα των ομβρίων υδάτων ορίστηκε συχνότητα επαναφοράς 1:10 για τους κεντρικούς συλλεκτήρες και κατά κανόνα 1:5 για τους υπόλοιπους και ως ελαχίστη διατομή αγωγών ομβρίων υδάτων ορίστηκε η κυκλική, εσωτερικής διαμέτρου 0,40. Τέλος, ορίστηκε η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα ροής στους αγωγούς σε 6 m/sec όπως και στα ακάθαρτα.

### 2.2 Ευρωπαϊκή οδηγία 2007/60

Η οδηγία 2007/60/EK δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα των καταστροφικών πλημμυρών στην Ευρώπη την περίοδο 1998-2002, που είχε ανθρώπινες απώλειες και μεγάλες οικονομικές καταστροφές. Η οδηγία 2007/60, είναι ένας "οδηγός", τον οποίο τα Κράτη – μέλη χρειάζεται να ακολουθήσουν, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν και να διαχειριστούν τους κινδύνους μια ενδεχόμενης πλημμύρας. Τα στάδια εφαρμογής της



οδηγίας είναι τρία με το προκαταρκτικό στάδιο να περιλαμβάνει την εκτίμηση των περιοχών που είναι εκτεθειμένες στον πλημμυρικό κίνδυνο, το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας και διακινδύνευσης όσων περιοχών εντοπίζονται στο προκαταρκτικό στάδιο και το τρίτο στάδιο την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, που θα έχουν σαν στόχο τη μείωση της διακινδύνευσης.

Ως πλημμύρα, ορίζεται η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο, υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρεύματα της Μεσογείου και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές, ακόμη και πλημμύρες από συστήματα αποχέτευσης.

Τα βασικά σημεία της οδηγίας επικεντρώνονται πρώτον στο ότι «Οι πλημμύρες μπορούν να προκαλέσουν θανάτους, μετακινήσεις πληθυσμών και ζημιές στο περιβάλλον, να θέσουν σοβαρά σε κίνδυνο την οικονομική δραστηριότητα και να υπονομεύσουν τις οικονομικές δραστηριότητες της Κοινότητας», δεύτερον «Οι πλημμύρες είναι φυσικά φαινόμενα τα οποία είναι αδύνατο να προληφθούν. Ωστόσο, ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες και η αλλαγή του κλίματος συμβάλλουν στην αύξηση της πιθανότητας επέλευσης φαινομένων πλημμύρας και των αρνητικών τους επιπτώσεων» και τρίτον «Είναι σκόπιμο και επιθυμητό να μειωθεί ο κίνδυνος των αρνητικών συνεπειών που συνδέονται με τις πλημμύρες, ιδίως στην ανθρώπινη υγεία και ζωή, στο περιβάλλον, στην πολιτιστική κληρονομιά, στην οικονομική δραστηριότητα και στις υποδομές. Εντούτοις, τα μέτρα για τη μείωση αυτών των κινδύνων θα πρέπει, κατά το μέτρο του δυνατού, να συντονίζονται σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού για να είναι αποτελεσματικά. » (<https://floods.ypeka.gr/>)

## 2.3 Κλιματική αλλαγή

### 2.3.1 Ορισμός κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μια αλλαγή της κατάστασης του κλίματος που μπορεί να εντοπισθεί από τις μεταβολές του μέσου όρου ή της μεταβλητότητας των ιδιοτήτων

του, για παρατεταμένη χρονική περίοδο, της τάξης των δεκαετιών ή και περισσότερο (IPCC 2018).

Συχνά ο όρος «Κλιματική Αλλαγή» συγχέεται με την «Αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης», ωστόσο ο όρος δεν αφορά μόνο αυτό το φαινόμενο αλλά ένα σύνολο παρατηρούμενων αλλαγών. Ο ορισμός που δόθηκε από τη σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change), υποστηρίζει ότι η κλιματική αλλαγή είναι η αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα ως συνέπεια έμμεσων και άμεσων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επιφέρουν μεταβολές στην παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση, και αυτό, σε συνδυασμό με τη φυσική μεταβολή του κλίματος, παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους (Σκαρλάτου 2017).

Σήμερα, σημειώνονται άνοδος της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο, σημαντικές ξηρασίες και έντονες βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα ζημιολόγες ερημοποιήσεις είτε πλημμύρες, σε τοπικό επίπεδο. Τα φαινόμενα αυτά αποτελούν σημαντικό κομμάτι της Κλιματικής Αλλαγής και φαίνεται να επηρεάζουν άμεσα την καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Οι ραγδαίες αυτές μεταβολές επιφέρουν ποικίλα προβλήματα στο κοινωνικό σύνολο καθώς επίσης και οικονομική ζημία στην εκάστοτε πολιτεία (Σκαρλάτου 2017).

### 2.3.2 Αίτια κλιματικής αλλαγής

Τα αίτια της κλιματικής αλλαγής διαχωρίζονται στα ανθρωπογενή, τα οποία αποτελούν και τον κύριο παράγοντα επιβάρυνσης της κατάστασης και στα φυσικής προέλευσης. Σύμφωνα με την IPCC, οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκτιμάται να προκαλέσουν αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 1 °C, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι πιθανό να φθάσει τον 1,5 °C μεταξύ 2030 και 2052 αν συνεχιστεί με αυτόν τον ταχύτατο ρυθμό (IPCC 2018).

- **Ανθρώπινη δραστηριότητα** ([https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_el](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_el))

1. Καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, λυγνίτης, φυσικό αέριο) οδηγούν στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα
2. Αποψίλωση των δασών
3. Χρήση λιπασμάτων
4. Βιομηχανικά απορρίματα
5. Οι κτηνοτροφικές διαδικασίες αυξάνουν την έκλυση του μεθανίου
6. Τα αζωτούχα λιπάσματα ευθύνονται για τις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου.
7. Τα φθοριούχα αέρια, τα οποία έχουν τεράστια θερμοαντική επίδραση, έως και 23.000 φορές μεγαλύτερη από αυτή του CO<sub>2</sub>. Ευτυχώς εκλύονται σε μικρότερες ποσότητες και καταργούνται σταδιακά σύμφωνα με κανονισμό της ΕΕ

- **Φυσική μεταβλητότητα κλίματος (IPCC 2018)**

1. Μεταβολές που οφείλονται σε μια περιοδική εξωτερική δύναμη (π.χ κύκλος της ηλιοφάνειας) -> Είναι εύκολο να προβλεφθούν
2. Μεταβολές που οφείλονται στη μη γραμμική αλληλεπίδραση των αναδράσεων του κλιματικού συστήματος (π.χ πτώση θερμοκρασίας -> αύξηση πάγου -> ακόμη πιο έντονη ψύξη) -> Είναι δύσκολο να προβλεφθούν
3. Μεταβολές που οφείλονται σε τυχαίες διακυμάνσεις (π.χ έκρηξη ηφαιστείου) -> Είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν

### 2.3.3 Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη

Σύμφωνα με την IPCC, την μεγαλύτερη επίδραση κλιματικών αλλαγών θα δεκτεί η νότια Ευρώπη, στην οποία ανήκει και η Ελλάδα. Το κλίμα της νοτίου Ευρώπης είναι ήδη ζεστό και ημίξηρο και τείνει να γίνει ακόμη πιο ζεστό και ιδιαίτερα ξηρό, επηρεάζοντας διάφορους τομείς όπως τις υδάτινες οδούς, την γεωργική παραγωγή, την υδροηλεκτρική ενέργεια και την ξηλεία.

Γενικά, για όλα τα σενάρια προβλέπεται η μέση ετήσια βροχόπτωση να αυξάνεται στη βόρεια Ευρώπη και να μειώνεται όλο και περισσότερο πηγαίνοντας νότια. Αυτή η αλλαγή στην βροχόπτωση ποικίλλει από εποχή σε εποχή και αναλόγως τις μεταβολές της μεγάλης κλίμακας κυκλοφορίας και της εκπομπής αερίων. Τα κράτη οφείλουν να προετοιμαστούν λόγω της αύξησης της επικινδυνότητας για ξηρασία στη Μεσόγειο και σε κάποια μέρη της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης. Πιο συγκεκριμένα, ο κίνδυνος πλημμύρας προβλέπεται να αυξηθεί σε ολόκληρη την ήπειρο. Ωστόσο, οι περιοχές οι οποίες είναι πιο επιρρεπείς σε αύξηση των συχνότητων πλημμύρας είναι η ανατολική Ευρώπη, η βόρεια Ευρώπη, οι ακτές του Ατλαντικού και η κεντρική Ευρώπη, ενώ για τη νότια και νοτιοανατολική Ευρώπη, στην οποία βρίσκεται και η Ελλάδα, προβλέπεται να παρουσιάσει σημαντικές αυξήσεις στις συχνότητες ξηρασίας. Σε ορισμένες περιοχές αναμένεται να αυξηθούν οι κίνδυνοι πλημμύρας και ξηρασίας ταυτόχρονα, διότι σε κάποιες περιοχές όπως η κεντρική Ευρώπη και η Μεσόγειος παρατηρήθηκε ταυτόχρονη αύξηση των ακραίων γεγονότων ημερήσιων βροχοπτώσεων και μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης. Η επίδραση της αλλαγής αυτής στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν είναι ακόμη ξεκάθαρη λόγω της χωρικής πολυπλοκότητας (Lasat 2001). Ωστόσο, για τις μεσογειακές χώρες ο συνδυασμός της μείωσης της μέσης καλοκαιρινής βροχής σε συνδυασμό με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, θα επιφέρει σοβαρά γεγονότα καύσωνα και ξηρασίας μέχρι το τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα (Bates 2008).

#### 2.3.4 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη

- Μείωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αποτελεί το 19,8% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Στις μεσογειακές χώρες προβλέπεται να φτάσει η μείωση της υδροηλεκτρικής ενέργειας το 25-50%
- Αλλοίωση της ποιότητας και της ποσότητας του νερού. Ακραία φαινόμενα πλημμύρων και ξηρασιών μπορούν να αυξήσουν το μικροβιακό φορτίο στο

φρέσκο νερό με αποτέλεσμα το ξέσπασμα επιδημιών και την αδυναμία διαχείρισης της ποιότητας του νερού

- Καταστροφή των καλλιεργειών, κυρίως στις μεσογειακές χώρες, λόγω των ακραίων γεγονότων
- Διατάραξη της ισορροπίας της βιοποικιλότητας στις περιοχές του Αρκτικού και της Μεσόγειο λόγω της μείωσης υγροτόπων από την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως και επίσης αύξηση του φαινομένου του ευτροφισμού (IPCC 2014)

### 2.3.5 Φαινόμενα κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα

- Αύξηση θερμοκρασίας κατά 2,5 βαθμούς σε σύγκριση με την περίοδο 1961-1990. Η αύξηση αυτή αναμένεται να επηρεάσει πολύ αρνητικά τον αστικό ιστό και τις δασικές περιοχές
- Οι μέρες με καύσωνα θα αυξηθούν και θα φτάσουν τις 15-20 το χρόνο, όπως επίσης και οι τροπικές μέρες θα είναι περίπου στις 50 το χρόνο. Αυτό αναμένεται να πραγματοποιηθεί μέχρι το 2050
- Οι ημέρες με παγετό θα μειωθούν
- Η βροχόπτωση θα μειωθεί κατά 12% κατά μέσο όρο, κατά 20-30% τους καλοκαιρινούς μήνες και κατά 10% τους χειμερινούς
- Ακραία φαινόμενα θα αυξηθούν
- Η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά 20 με 59 εκατοστά (Σκαρλάτου 2017)

### 2.3.6 Αποτελέσματα των επιπτώσεων στον Ελλαδικό χώρο

- Η γεωργία και η γεωργική παραγωγή θα πληγεί λόγω της ξηρασίας, άρα και το κόστος απόκτησης αγαθών θα αυξηθεί

- Η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση της βροχόπτωσης πολλαπλασιάζει τις πιθανότητες για πυρκαγιές σε δασικές εκτάσεις
- Ο τουρισμός θα επηρεαστεί έντονα καθώς σε περιόδους καύσωνα, τα έξοδα συντήρησης των τουριστικών εγκαταστάσεων θα αυξάνονται και μπορεί να υπάρξουν πιθανά προβλήματα υδροδότησης. Ωστόσο, με την αύξηση των ζεστών ημερών θα υπάρξει και επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου
- Μείωση υπόγειων υδάτων, λειψυδρία  
([https://www.dianeosis.org/research/climate\\_change/](https://www.dianeosis.org/research/climate_change/))

### 2.3.7 Αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο κέντρο της Αττικής (περιοχή μελέτης)

Το κέντρο της Αθήνας ήδη αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα με την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς αυτή είναι ήδη 6 °C υψηλότερη σε σύγκριση με τα βόρεια προάστια της Αττικής. Μια επιπλέον αύξηση θα οδηγήσει στην αλλαγή της ποιότητας ζωής προς το χειρότερο καθώς επίσης και στην αύξηση του κόστους ζωής. Στο δήμο Αθηναίων λόγω της παλαιότητας των κτιρίων (ανέγερση πριν το 1980), τα ¾ των σπιτιών είναι ευάλωτα σε θερμικές πιέσεις και έτσι απαιτείται υψηλο κόστος για την κατανάλωση ενέργειας με σκοπό την ψύξη της κατοικίας. Πιο ραγδαίες αναμένεται να είναι οι εξελίξεις στη δημόσια υγεία καθώς ο ανθρώπινος οργανισμός, και κυρίως οι ευπαθείς ομάδες, δεν θα μπορούν να ανταπεξέλθουν σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσει καρδιακά, αναπνευστικά και νευρολογικά προβλήματα. Σε καύσωνα άνω των 42°C, η αύξηση ημερήσιας θνησιμότητας από αναπνευστικά και καρδιολογικά νοσήματα είναι 10% και 18%, αντίστοιχα (Σκαρλάτου 2017).

## 2.4 Κλιματικά μοντέλα

### 2.4.1 Γενικά

Τα κλιματικά μοντέλα έχουν δημιουργηθεί με σκοπό την βελτίωση της κατανόηση και της προβλεψιμότητας της κλιματικής συμπεριφοράς. Η κλιματική συμπεριφορά απασχολεί τους επιστήμονες ως προς τις εποχές, τα έτη, τις δεκαετίες ακόμη και τους αιώνες. Τα μοντέλα ερευνούν σε τι βαθμό, οι κλιματικές αλλαγές θα επηρεάσουν την φυσική ποικιλότητα, τη δραστηριότητα των ανθρώπων καθώς επίσης και πως θα επηρεάσει το συνδυασμό αυτών των δύο. Τα αποτελέσματα και οι προβλέψεις των κλιματικών μοντέλων συμβάλουν στην σωστότερη λήψη αποφάσεων σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. Τέτοιες λήψεις μπορούν να σχετίζονται με την διαχείριση πηγών νερού, τον γεωργικό τομέα, τις μετακινήσεις και τον αστικό σχεδιασμό. (<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>)

### 2.4.2 Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα ή Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (Global Climate Models or General Circulation Models - GCMs)

Ένα παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο είναι μια μαθηματική αναπαράσταση των πιο κύριων συστημάτων που συμβάλλουν στο κλίμα (ατμόσφαιρα, γήινη επιφάνεια, ωκεανός, θαλάσσιος πάγος ) και των αλληλεπιδράσεων αυτών. Η ενεργειακή ισορροπία της γης μεταξύ των τεσσάρων παραπάνω συστημάτων αποτελεί το κλειδί στη μακροχρόνια κλιματική πρόβλεψη. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα τα οποία συμμετέχουν σε ένα κλιματικό μοντέλο είναι (<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>) :

- Η ατμόσφαιρα, η οποία περιλαμβάνει τα σύννεφα και τα αερολύματα και παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά της θερμότητας και του νερού σε όλο τον κόσμο
- Η επιφάνεια της γης η οποία περιλαμβάνει χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως η βλάστηση το νερό τα ποτάμια και η αποθήκευση του άνθρακα
- Ο ωκεανός, ο οποίος είναι η κύρια δεξαμενή θερμότητας και άνθρακα σε ολόκληρο το κλιματικό σύστημα

- Ο θαλάσσιος πάγος, μέσω του οποίου ρυθμίζεται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και η ανταλλαγή της θερμότητας γης – θάλασσας

Τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας όταν συνδυαστούν με περιοχικά μοντέλα μπορούν να αποδώσουν φυσικές και γεωγραφικές εκτιμήσεις σχετιζόμενες με την τοπική αλλαγή του κλίματος.

Η απεικόνιση των μοντέλων γενικής κυκλοφορίας πραγματοποιείται μέσω ενός παγκόσμιας κλίμακας τρισδιάστατου κανάβου με οριζόντια ανάλυση από 250 έως 600 km, με 10 έως 20 κάθετα επίπεδα για την ατμόσφαιρα και έως 30 για τον ωκεανό. Ωστόσο κάποιες απεικονίσεις που απαιτούν καλύτερη ανάλυση και επηρεάζονται από σύννεφα και υδρατμούς της ωκεανίας κυκλοφορίας είναι πολύ δύσκολο να υλοποιηθούν σε καλό βαθμό (IPCC 2013).

Η χρησιμότητα των μοντέλων γενικής κυκλοφορίας είναι στην πρόβλεψη, αντιμετώπιση, πρόγνωση και αποφυγή παραγόντων, κυρίως ανθρωπογενών, που επηρεάζουν την έκβαση της κλιματικής αλλαγής. Οι χρονοσειρές των μοντέλων περιλαμβάνουν προβλέψεις εποχιακές, ετήσιες και για υπερετήσιες προβλέψεις (<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>).

Τέλος, σχετικά με την αξιοπιστία τους, αν και υπάρχουν διάφορα επίπεδα διαφωνίας μεταξύ των κλιματικών μοντέλων, τα μοντέλα βασίζονται σε καλά τεκμηριωμένες φυσικές αρχές. Τα μοντέλα, επιπλέον, ελέγχονται από μια μεγάλη κοινότητα ερευνητών παγκοσμίως, όπως από την IPCC, με αποτέλεσμα κατά κάποιο τρόπο την εξασφάλιση της αξιοπιστίας τους. Όλα τα κλιματικά μοντέλα παρήγαγαν ιστορικές προσομοιώσεις που συμφωνούν συνήθως με τις παρατηρήσεις και εξακριβωμένες προσομοιώσεις του 20<sup>ου</sup> αιώνα, που περιλάμβαναν την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω των εκπομπών CO<sub>2</sub> (<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>).

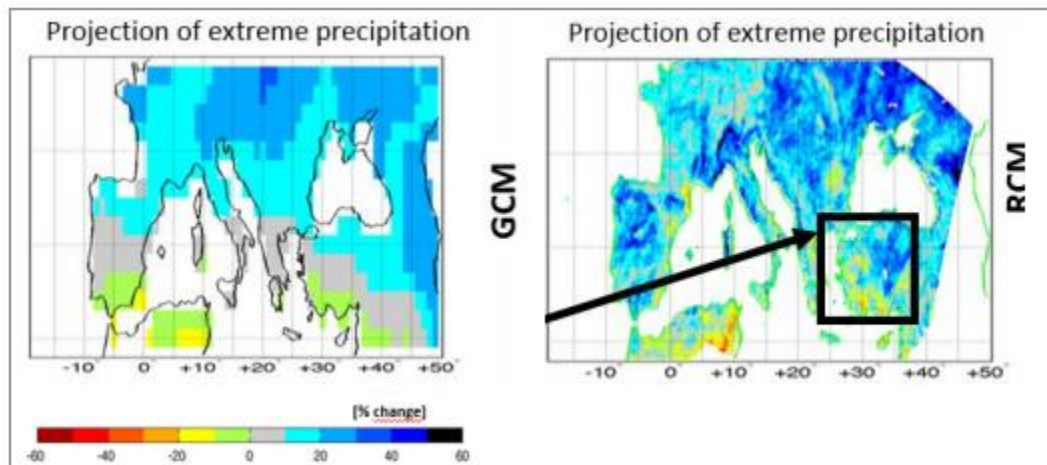


### 2.4.3 Η έννοια του καταβιβασμού κλίμακας (downscaling)

Η διαδικασία εξαγωγής πληροφορίας από δεδομένα μεγάλης κλίμακας σε δεδομένα μικρότερης κλίμακας έτσι ώστε να είναι εφαρμόσιμη σε προβλέψεις τοπικής εμβέλειας ονομάζεται καταβιβασμός κλίμακας ( <https://gisclimatechange.ucar.edu/question/63>).

Τα GCM αποδεικνύονται ανεπαρκή στο να αποδώσουν λεπτομέρειες σε κλίμακα μικρότερη του ορισμένου κανάβου και για τοπική κλίμακα απαιτείται υψηλότερη ανάλυση από αυτή που μπορούν να δώσουν. Με τη διαδικασία του καταβιβασμού κλίμακας, η συνιστώσα της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης που αντιστοιχίζεται σε ένα φαινόμενο του κανάβου του μοντέλου γενικής κυκλοφορίας (Εικόνα 2.1) αποδίδεται σε υψηλότερη ανάλυση ( <https://www.pde.gov.gr>).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το πείραμα καταβιβασμού κλίμακας CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment), το οποίο αποτελεί πρωτοβουλία του Ευρωπαϊκού κλάδου EURO-CORDEX και έχει ως σκοπό την οργάνωση ενός διεθνώς συντονισμένου πλαισίου για την παραγωγή προσομοιώσεων, οι οποίες βασίζονται σε πολλαπλά μοντέλα καταβιβασμού κλίμακας μέσω πολλαπλών μοντέλων της 5<sup>ης</sup> φάσης του πειράματος σύγκρισης συζευγμένων μοντέλων CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) από την IPCC.

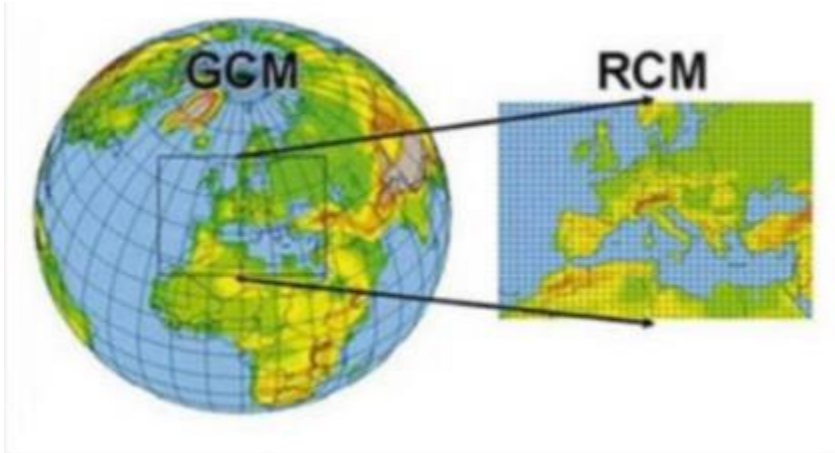


Εικόνα 2. 1: Αποτελέσματα καταβιβασμού κλίμακας πειράματος CORDEX

Πηγή: Ιστότοπος: [https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pepka/2\\_klimatikes\\_metavoles\\_pde.pdf](https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pepka/2_klimatikes_metavoles_pde.pdf)

#### 2.4.4 Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models-RCMs)

Τα περιοχικά μοντέλα λειτουργούν με την αύξηση της ανάλυσης των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων σε μία μικρή περιορισμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Τα RCMs εφαρμόζονται σε έναν τομέα περιορισμένης έκτασης με την αύξηση της ανάλυσης ενός GCM. Τα μοντέλα γενικής κυκλοφορίας όταν συνδυαστούν με περιοχικά μοντέλα μπορούν να αποδώσουν φυσικές και γεωγραφικές εκτιμήσεις σχετιζόμενες με την τοπική αλλαγή του κλίματος. Ο κυριότερος ρόλος που κατέχουν αυτά τα μοντέλα είναι η προσθήκη λεπτομέρειας στη τοπογραφία και στις φυσικές παραμέτρους, στην συγκεκριμένη κλίμακα για την οποία αρχικά κατασκευάστηκαν, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2. 2 : Χωρική ανάλυση περιοχικών κλιματικών μοντέλων

Πηγή: Ιστότοπος: [https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pepka/2\\_klimatikes\\_metavoles\\_pde.pdf](https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pepka/2_klimatikes_metavoles_pde.pdf)

Για τη δημιουργία ενός RCM απαιτείται η ύπαρξη ενός «οδηγού» GCM. Η ανάπτυξη ενός RCM περιλαμβάνει την σύνδεση μοντέλων, που ανήκουν στο ίδιο GCM, αλλά είναι διαφορετικής κλίμακας, με σκοπό να προκύψουν τοπικές συνθήκες με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας. Αυτή η διαδικασία πρακτικά αφορά την χρήση πολύπλοκων αρχικών συνθηκών, χρονικά εξαρτώμενων, πλευρικών, μετεωρολογικών συνθηκών και επιφανειακών οριακών συνθηκών. Με άλλα λόγια, πραγματοποιείται σύνδεση μοντέλων που ανήκουν στο ίδιο GCM αλλά έχουν διαφορετική κλίμακα και έτσι παράγεται ένα

RCM, με αποτέλεσμα να προκύπτουν τοπικές συνθήκες με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω μαθηματικών σχέσεων. Τα RCMs βρίσκουν εφαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών ζητημάτων που κυμαίνεται από παλαιοκλιματική έως ανθρωπογενή αλλαγή κλίματος. Το γεγονός ότι ένα RCM έχει την δυνατότητα για σύζευξη ατμοσφαιρικών μοντέλων, με υδρολογικά, ωκεάνια μοντέλα και μοντέλα θαλάσσιου πάγου, το καθιστά χρήσιμο για πολλούς επιστημονικούς τομείς όπως η γενική κλιματική έρευνα, η πρόβλεψη του καιρού, μακροχρόνιες προσομοιώσεις αλλά και η κατασκευή παρελθοντικών και μελλοντικών σεναρίων

([https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pespka/2 klimatikes metavoles pde.pdf](https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pespka/2_klimatikes_metavoies_pde.pdf)).

#### 2.4.5 Bias correction

Όπως προαναφέρθηκε, τα RCMs χρησιμοποιούνται για την εξαλείψη χοντροειδών σφαλμάτων σε μικρές περιοχές αφού έχουν υψηλότερη χωρική ανάλυση έναντι των GCMs. Ωστόσο, τα πρότυπα κατακρημνίσεων που προκύπτουν απ' τα μοντέλα για το σημερινό κλίμα, παρουσιάζουν αρκετά σφάλματα (biases), όταν τα συγκρίνονται με τις παρατηρήσεις. Τα biases σχετίζονται κυρίως με τις διαδικασίες που προκύπτουν κατά την αντιστοιχία σε μια μικρότερη κλίμακα και εξακολουθούν να μην περιγράφονται επαρκώς λόγω του μοντέλου. Παρ' όλο που ένα RCM μπορεί να περιγράψει τη βροχόπτωση με μεγαλύτερη ακρίβεια από ένα GCM, τα biases εξακολουθούν να υπάρχουν. Έτσι, ένα σημαντικό πρόβλημα στην περιοχική μοντελοποίηση του κλίματος είναι ότι η βροχόπτωση προσομοιώνεται συχνότερα από ότι παρατηρείται, ειδικά για τα περισσότερα RCM με ασθενέστερη ένταση. Ένα δεύτερο πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι η βροχόπτωση εξακολουθεί να είναι εσφαλμένη από τη σύνθετη τοπογραφία στα περισσότερα RCMs, αν και διεξάγονται με υψηλότερη ανάλυση από τα GCMs. Αυτές οι αβεβαιότητες επηρεάζουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν στην υδρολογία που ακολουθούν μετά την μοντελοποίηση. Ορισμένοι μελετητές της κλιματικής αλλαγής προσπαθούν να διορθώσουν μέρος αυτών των σφαλμάτων με τις αποκαλούμενες bias-correction methods. Μέχρι στιγμής, στη βιβλιογραφία

προτείνονται αρκετές μέθοδοι διορθώσης όπως η γραμμική κλιμάκωση, η κλιμάκωση τοπικής έντασης κ.α.. Μία άλλη σημαντική bias-correction method είναι η εμπειρική ποσοτική αντιστοιχία (Empirical Quantile Matching-EQM) που είναι γνωστή ως μία από τις καλύτερες τεχνικές για τη διόρθωση των biases (Velasquez 2019).

## 2.5 Κλιματικά σενάρια

### 2.5.1 Ορισμός

Κλιματικό σενάριο είναι μια ευλογοφανής και απλουστευμένη αναπαράσταση των μελλοντικών συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων που βασίζεται σε μια σειρά υποθέσεων για τα αίτια των εκπομπών αυτών (κοινωνικά, πολιτο-οικονομικά κλπ). Ένα κλιματικό σενάριο δεν αποτελεί πρόγνωση της μελλοντικής κατάστασης αλλά μια εκτίμηση όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική (Βλαχογιάννη 2019).

Πιο αναλυτικά, οι εγκυρότερες και πιο αξιόπιστες εκθέσεις για την κλιματική αλλαγή έχουν δημοσιευτεί από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). Η IPCC έχει αναπτύξει μια σειρά από μακροπρόθεσμα σενάρια εκπομπών, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην εκτίμηση της πιθανής αλλαγής του κλίματος αλλά και στην αποτίμηση των δυνατοτήτων να μετριαστεί η κλιματική αλλαγή (Special Report on Emissions Scenarios-SRES). Τα σενάρια της ομάδας SRES καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα παραγόντων που θα καθορίσουν τις μελλοντικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, περιλαμβάνοντας από δημογραφικές αλλαγές μέχρι τεχνολογικές και οικονομικές εξελίξεις. Τα σενάρια περιγράφουν διαφορετικές εξελίξεις στην οικονομική ανάπτυξη ή στην πληθυσμιακή αύξηση, αλλά και εξελίξεις που έχουν το δυναμικό να επηρεάσουν τις πηγές προέλευσης και τις περιοχές απόληξης των αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι οι εναλλακτικές δομές των ενεργειακών συστημάτων και οι αλλαγές στη χρήση γης. Το σύνολο των σεναρίων περιλαμβάνει τις ανθρωπογενείς εκπομπές όλων των θερμοκηπιακών αερίων, του διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), των οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) και των πτητικών οργανικών υδρογονανθράκων (VOCs) (Κατσαφάδος 2015). Με

βάση τις εργασίες της IPCC, αναπτύχθηκαν συνολικά 40 κλιματικά σενάρια, όλα με ίση ισχύ, χωρίς δηλαδή να έχουν οριστεί πιθανότητες πραγματοποίησής τους. Μέσα σε κάθε ομάδα σεναρίων, ορίζονται κοινές «εναρμονισμένες» υποθέσεις σχετικά με τον παγκόσμιο πληθυσμό, το ακαθάριστο παγκόσμιο προϊόν, και την τελικώς παραγόμενη ενέργεια. Αυτά τα σενάρια χαρακτηρίζονται ως εναρμονισμένα (Harmonized Scenarios-HS), ενώ ως άλλα σενάρια (Other Scenarios-OS) χαρακτηρίζονται τα σενάρια, τα οποία έχουν ως αντικείμενο τις αβεβαιότητες στις αιτίες των εκπομπών (IPCC, 2001). (Καρτάλης κ.ά. 2017)

### 2.5.2 Ομάδες σεναρίων A & B

Κλιματικά σενάρια A1 : αντιπροσωπεύουν μια ταχεία οικονομική ανάπτυξη με την κορύφωση του πληθυσμού στα μέσα του 21<sup>ου</sup> αιώνα, στη συνέχεια μείωση του και μια ταυτόχρονη ραγδαία εισαγωγή νέων και αποδοτικότερων τεχνολογιών. Η οικογένεια σεναρίων A1 αντιπροσωπεύει τους υψηλότερους ρυθμούς τεχνολογικών αλλαγών και οικονομικής ολοκλήρωσης. Πιο συγκεκριμένα, αντικατοπτρίζει την επιτυχή οικονομική ανάπτυξη με τους περιφερειακούς μέσους όρους του κατά κεφαλήν εισοδήματος να συγκλίνουν και μείωση του χάσματος μεταξύ πλουσίων και φτωχών. Ο παγκόσμιος πληθυσμός φτάνει τα 9 δις. Μέχρι το 2050 και ύστερα φθίνει. Υπάρχει ταχεία ανάπτυξη των τεχνολογικών επιτευγμάτων με αποτέλεσμα τον περιορισμό των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων. Η οικογένεια αυτή διακρίνεται σε τρία πιο συγκεκριμένα σενάρια (Καρτάλης κ.ά. 2017):

- Σενάριο A1F1: επικεντρώνεται στην χρήση ορυκτών καυσίμων
- Σενάριο A1T: επικεντρώνεται στην χρήση ήπιων μορφών ενέργειας και κατάργηση των ορυκτών καυσίμων
- Σενάριο A1B: επικεντρώνεται σε ραγδαία οικονομική ανάπτυξη, ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας, αλλά συγχρόνως με πρόοδο στις νέες τεχνολογίες

Κλιματικά σενάρια A2: αντιπροσωπεύουν τη μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατακεφαλήν εισοδήματος και την ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα 850ppm το 2100 (Καρτάλης κ.ά. 2017).

Κλιματικά σενάρια B2: υποθέτουν αρχικά μεγάλη αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος σε παγκόσμια κλίμακα, παράλληλα με τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η υπόθεση αυτή προϋποθέτει στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Προβλέπεται μεγάλη αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως μέχρι το 2050 και στη συνέχεια σταδιακή μείωσή του. Έπεται σχετική αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα ειδικά από το 2050 και μετά η οποία το έτος 2100 θα φτάσει τα 550 ppm (Καρτάλης κ.ά. 2017).

Κλιματικά σενάρια B2: αντιπροσωπεύουν τις τοπικές λύσεις, μια συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού αλλά με βραδύτερους ρυθμούς απ αυτούς των προηγούμενων σεναρίων. Επιπλέον, αφορούν ήπιες τεχνολογικές αλλαγές σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς, η οποία θα φτάσει τα 620 ppm το 2100(Καρτάλης κ.ά. 2017).

### 2.5.3 Σύγχρονα κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs)

Τα κλιματικά σενάρια, τα οποία εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία ανήκουν στην παρακάτω κατηγορία. Είναι σενάρια που περιλαμβάνουν χρονολογικές σειρές εκπομπών και συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου, αερολυμάτων και χημικών, ενεργών αερίων, καθώς και χρήση γης / κάλυψη εδάφους (IPCC 2018).

Η μελλοντική κλιματική πρόβλεψη βασίζεται σε τρεις αντιπροσωπευτικές οδούς συγκέντρωσης (RCPs). Κάθε σενάριο περιγράφει μια μελλοντική πορεία συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου από το 2006 μέχρι το έτος 2100 και την πιθανή εκπεμπόμενη ακτινοβολία σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο

<http://meteo3.geo.auth.gr:3838/?fbclid=IwAR15ha2JB3amlhDSLzaelmzvpz-Q6WbiMtsfEjuPLAjnB3oXUhvzvnNL4uM>).

#### RCP2.6:

Το RCP2.6 είναι ένα αυστηρό σενάριο μετριασμού εκπομπών CO<sub>2</sub> και συνδέεται με ένα απλό σενάριο αντιπροσωπευτικής συγκέντρωσης που στοχεύει στον περιορισμό της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2 ° C μέχρι τα τέλη του 21ου αιώνα. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το σενάριο υποθέτει ότι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μειώνονται κατά 70% την περίοδο 2010 έως 2100 σε σύγκριση με ένα βασικό σενάριο. Αυτό θα απαιτήσει ουσιαστικές αλλαγές στη χρήση και στην παραγωγή ενέργειας με εκπεμπόμενα αέρια εκτός του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και την εφαρμογή τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (Vuuren et al. 2011).

#### RCP4.5:

Το RCP4.5 αποτελεί ένα ενδιάμεσο σενάριο εκπομπών CO<sub>2</sub> θέτει ως στόχο τη σταθεροποίηση της παγκόσμιας ακτινοβολίας σε 4,5 W · m<sup>-2</sup> (ισοδύναμη με 650 ppm CO<sub>2</sub>) χωρίς ποτέ να υπερβεί αυτή την τιμή μέχρι το έτος 2100. Η αιχμή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι στο 2040 και στο σημείο αυτό ξεκινά η μείωση. Το σενάριο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι αποδοτικό ως προς το κόστος για την επίτευξη του στόχου ακτινοβολίας. Προβλέπει τεχνολογικές εξελίξεις συνδυάζοντας την παραγωγή βιοενέργειας με τη δέσμευση CO<sub>2</sub> και τη γεωλογική αποθήκευση (CCS), που θα επιλύσει σε έναν βαθμό την ενεργειακή απαίτηση του πλανήτη (Thomson et al. 2011).

#### RCP8.5:

Το RCP8.5 είναι ένα σενάριο με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου και υποθέτει ένα μέλλον με υψηλό παγκόσμιο πληθυσμό, έλλειψη



πολιτικών για το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή, σχετικά χαμηλή οικονομική ευημερία σε συνδυασμό με μέτριο ρυθμό τεχνολογικών εξελίξεων που δεν επιλύει αποτελεσματικά τις ενεργειακές απαιτήσεις. Έτσι, οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου πολλαπλασιάζονται καθ' όλη τη διάρκεια του 21ου αιώνα, αυξάνοντας την κατακράτηση ακτινοβολίας αερίων του θερμοκηπίου σε  $8,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο (Riahi et al. 2011).

**Αξίζει να σημειωθεί ότι το ιστορικό σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στις χρονοσειρές, αφορά υποθέσεις και όχι παρατηρήσεις!**

## 2.6 Παρόμοιες μελέτες

Για την πορεία της διπλωματικής εργασίας, απαραίτητη ήταν η ενασχόληση με άλλες μελέτες, οι οποίες είχαν παρόμοιο αντικείμενο με σκοπό την άντληση ιδεών για την αξιοποίηση των δεδομένων .

1. Αντικείμενο της πρώτης μελέτης είναι η σύγκριση έξι διαφορετικών υποθέσεων ακραίων βροχοπτώσεων στην Ευρώπη που βασίζονται σε έξι διαφορετικά RCMs. Τα RCMs που επιλέχθηκαν στηρίζονταν στο ίδιο σενάριο εκπομπών (SRES A2) και ήταν ενσωματωμένα στο ίδιο GCM (HadAM3H). Οι ενσωματώσεις των RCMs αποτελούσαν μέρος του προγράμματος PRUDENCE. Κάθε μοντέλο εκτελέστηκε για τις περιόδους 1961-1990 και 2071-2100, η περιοχή μελέτης ήταν οι Άλπεις και η εποχή που στοχοποιήθηκε ήταν το φθινόπωρο, όπου οι βροχοπτώσεις ήταν συχνές. Για την αξιολόγηση των RCMs χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί μέθοδοι εκτίμησης αβεβαιοτήτων, αυτή της κανονικής κατανομής και της τροποποιημένης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα RCMs του 2006 είναι ικανά να αντιπροσωπεύσουν σε μεσαία κλίμακα ακραίες κατακρημνίσεις. Τα σφάλματα των μοντέλων ήταν ιδιαίτερα μεγάλα το καλοκαίρι. Ωστόσο η σύγκριση με προηγούμενες μελέτες αξιολόγησης RCMs ήταν επιτυχής, καθώς τα σφάλματα ήταν μικρά. Τέλος, η παρούσα ανάλυση ήταν πιο εμπειριστατωμένη όσον αφορά τα αποτελέσματα για τη μελλοντική αλλαγή των ακραίων καλοκαιρινών κατακρημνίσεων στην Ευρώπη. Τα RCMs έδειξαν αύξηση των ποσοστών



βροχοπτώσεων στην κεντρική Ευρώπη, αλλά παράλληλα και μείωση της μέσης βροχόπτωσης, το οποίο μπορεί να συνδεθεί με αύξηση της έντασης σε ημερήσιες βροχοπτώσεις και μείωση της συχνότητας των βροχερών ημερών (Frei et al. 2006).

2. Η επόμενη μελέτη πραγματεύεται τις αλλαγές στις καθημερινές βροχοπτώσεις που έχουν καταγραφεί απ' το Εθνικό Αστεροσκοπείο της Αθήνας κατά την περίοδο 1891-2004. Αυτή ήταν η μεγαλύτερη διαθέσιμη περίοδος καταγεγραμμένων βροχοπτώσεων για την Ελλάδα μέχρι το 2006. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η γάμα κατανομή. Η γάμα κατανομή μπορεί να αντιπροσωπεύσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα ημερήσια ύψη βροχής. Με βάση αυτήν λοιπόν, δημιουργήθηκαν ιστογράμματα καθημερινής βροχόπτωσης για περίοδο δέκα και τριάντα ετών για όλα τα διαθέσιμα έτη. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγάλη διαφοροποίηση για την περίοδο 1981-2004 σε σχέση με τις προηγούμενες περιόδους. Συγκεκριμένα, σημειώθηκαν αύξηση στα ημερήσια όρια βροχόπτωσης που ξεπερνούσαν τα 10, 20, 30 και 50 mm. Πολύ εμφανής, επίσης ήταν η τάξη μείωσης των υγρών ημερών και η αύξηση των ακραίων ημερησίων βροχοπτώσεων, το οποίο έχει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη ΝΑ Ευρώπη (Nastos et al. 2006).
3. Η τρίτη μελέτη εξετάζει την εικόνα υδραυλικών αστικών συστημάτων κατά την αλλαγή των βροχοπτώσεων, φαινόμενο το οποίο αποτελεί απόρροια της κλιματικής αλλαγής. Ένα μικρό προάστιο της νοτιοανατολικής ακτής της Σουηδίας αποτέλεσε την περιοχής μελέτης. Οι εξεταζόμενες χρονικές περίοδοι ήταν η τότε σημερινή και οι τρεις μελλοντικές FC1 (2011-2040), FC2 (2041-2070) και FC3 (2071-2100). Το υδραυλικό μοντέλο αποτελούταν από 465 κόμβους- φρεάτια. Οι υδραυλικές παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν η στάθμη του νερού στα φρεάτια και η παροχή των αγωγών. Το critical level καθορίστηκε 0,5 m από το επίπεδο του εδάφους. Το μοντέλο χρησιμοποίησε στην προσομοίωση του τη μέθοδο Dynamic Wave και time

steps (min: 10s, max: 60s) interval step ίσο με 1min. Σχετικά με τα αποτελέσματα, το επίπεδο του νερού στα φρεάτια ήταν υψηλότερο για όλα τα μελλοντικά σενάρια από το επίπεδο του νερού στο σήμερα. Η μεγαλύτερη διαφορά στα φρεάτια που υπήρξε σε σχέση με το σήμερα ήταν του σεναρίου FC3. Για τη σύγκριση, δημιουργήθηκαν δύο είδη ιστογραμμάτων. Το πρώτο είδος αφορούσε τον αριθμό των πλημμυρισμένων φρεατίων ως προς την συχνότητα και το δεύτερο είδος αναφερόταν στα συμβάντα των βροχοπτώσεων ως προς τη διάρκεια. Τα συνολικά τέσσερα ιστογράμματα περιείχαν και τα τέσσερα σενάρια. Η ανάλυση έδειξε ότι η συνολική τάση ήταν στα μελλοντικά σενάρια να πλημμυρίζουν περισσότερα φρεάτια και να αυξάνεται η συχνότητα τους. Ως αφορά την παροχή των αγωγών φαίνεται στο σήμερα το νερό να εστιάζεται κύριως σε δύο τμήματα της περιοχής, ενώ στο σενάριο FC3 το νερό διασκορπίζεται σε μια πολύ μεγαλύτερη έκταση. Συμπερασματικά, το μέγιστο επίπεδο νερού στα φρεάτια έδωσε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τη σύγκριση προσομοιώσεων - σεναρίων σε συνάρτηση με τον αριθμό των φρεατίων και θέτοντας πρώτα ένα critical level. Απ' την άλλη, η ροή του νερού στους σωλήνες έδωσε πληροφορία για την χωρητικότητα του συστήματος. Τέλος, αναμένεται στο μέλλον, σύμφωνα με την μελέτη, η ύπαρξη περισσότερων πλημμυρικών φαινομένων με μεγαλύτερη συχνότητα και περισσότερη διάρκεια στις αστικές ζώνες λόγω της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια FC1, FC2, FC3 που παρουσιάστηκαν (Berggren et al. 2013).

4. Η επόμενη μελέτη έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των πειραμάτων της κλιματικής αλλαγής που πραγματοποιήθηκαν σε αστικές ζώνες, αφού οι πόλεις αντιμετωπίζονται ως χώροι αναφοράς της κλιματικής αλλαγής. Όσον αφορά τη μεθοδολογία της παρούσας μελέτης, η δημιουργία της βάσης περιελάμβανε την επιλογή 100 πόλεων, το σχεδιασμό της βάσης, τη συλλογή των δεδομένων και την ανάλυση. Τα αστικά πειράματα ανέρχονταν σε 627. Οι πόλεις επιλέχθηκαν με βάση του μεγέθους τους, της συγκέντρωσης του πληθυσμού τους και της πολιτικής τους κατάσταση. Όσον αφορά το σχεδιασμό της βάσης δεδομένων κάθε αρχείο στη βάση

αντιστοιχεί σε ένα ξεχωριστό πείραμα αλλαγής κλίματος σε αστική ζώνη. Οι αναλυτικές κατηγορίες που καταγράφονται είναι 1) πότε συμβαίνουν τα αστικά κλιματικά πειράματα 2) ποια είναι αυτά τα πειράματα και πώς αναπτύσσονται 3) ποιος καθοδηγεί τις πρωτοβουλίες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι το 95% των πειραμάτων ξεκίνησαν μετά το 2005 δηλαδή μετά την επικύρωση του Κυότο. Όσον αφορά το που επείγουν τα πειράματα αυτά, η στατιστική συσχέτιση επιβεβαιώνει ότι δεν περιορίζεται σε καμία περιοχή του κόσμου. Σχετικά με τα χαρακτηριστικά των πειραμάτων τα περισσότερα πειράματα αφορούν τους τομείς των αστικών υποδομών (31,1%), του οικοδομικού περιβάλλοντος (24,7%) και των μεταφορών (18,8%) ενώ μόνο το 12,1% αφορούσε πρωτοβουλίες. Εν κατακλείδι, σε αστικές υποδομές είναι πολύ σύνηθες η ύπαρξη κοινωνικο-τεχνικών πειραματισμών. Τα ευρήματα της ανάλυσης δείχνουν τον πειραματισμό ως βασικό εργαλείο για το άνοιγμα νέων πολιτικών χώρων με σκοπό την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής στην πόλη (Broto et al. 2013).

5. Η τελευταία μελέτη εξετάζει τους καύσωνες, τις πλημμύρες και τις ξηρασίες τα επόμενα χρόνια για 571 Ευρωπαϊκές πόλεις. Όλα τα κλιματικά μοντέλα αντλήθηκαν από το Coupled Model Inter-comparison Project Phase 5 (CMIP5) για το σενάριο RCP 8.5 για να υπολογιστούν χαμηλά, μεσαία και υψηλά σενάρια για την επόμενη δεκαετία, 50ετία και 90ετία για κάθε πόλη. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το DEM, το flow direction raster, το flow accumulation raster, δεδομένα μετρήσεων από το global runoff data centre (GRDC) και δεδομένα αστικού ελέγχου "Gisco Urban Audit 2004", καθώς επίσης και οι μορφολογικές ζώνες από το European Environment Agency (EEA). Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα ημερήσιες βροχοπτώσεις, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για το σενάριο RCP8.5 από CMIP5. Στη μελέτη συγκρίθηκαν η μελλοντική περίοδος 2051 έως 2100 και οι παρελθοντική 1951 έως 2000. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για όλα τα σενάρια αυξάνονται οι ημέρες των καυσώνων αλλά και η μέγιστη θερμοκρασία για κάθε πόλη. Σύμφωνα με τη μελέτη, η ξηρασία τείνει να είναι πιο έντονη στη νότια

Ευρώπη σε όλα τα σενάρια. Κάποιες πόλεις μπορεί να έχουν ξηρασία 14 φορές περισσότερη από την ιστορική περίοδο, γεγονός το οποίο έχει καταγραφεί και από την IPCC το 2013. Σχετικά με την υπερχειλίση των ποταμών το χειρότερο σενάριο προβλέπεται για τα βρετανικά νησιά και τις Βόρειες χώρες, ενώ για τις χώρες του νότου προβλέπεται στασιμότητα, είτε μία πιθανή μείωση. Το χειρότερο σενάριο ωστόσο προκύπτει για τους καύσωνες και τις αυξανόμενες ξηρασίες και αφορά τις νότιες πόλεις. Στο 5% των κορυφαίων αυτών πόλεων βρίσκεται η Αθήνα, η Πάτρα, το Ηράκλειο, η Καλαμάτα, οι Σιρακούσες, η Βαλέτα και το Γκόντζο στη Μάλτα. Όσον αφορά τις ισπανικές πόλεις αυτές τείνουν να παρουσιάζουν μία ιδιομορφία. Αυτή η ιδιομορφία αφορά την αύξηση των ξηρασιών με ταυτόχρονη υπερχειλίση των ποταμών. Τέλος, ως αφορά τους τρόπους αντιμετώπισης, για την νότια Ευρώπη που έχει να αντιμετωπίσει ξηρασίες, η μόνη λύση είναι η ανακατασκευή των πόλεων δηλαδή την πραγματοποίηση πολεοδομικών αλλαγών ενώ για την κεντρική Ευρώπη, όπου προβλέπονται αύξηση πλημμυρικών γεγονότων θα πρέπει να υπάρχει η ικανότητα υποστήριξης αντιπλημμυρικών έργων (Guerreiro et al. 2018).

### 3. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SWMM

#### 3.1 Γενικά

Το Storm Water Management Model ή αλλιώς SWMM αποτελεί ένα δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης βροχής-απορροής, το οποίο αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Η.Π.Α (Environmental Protection Agency-EPA). Η πρώτη παρουσίαση του έγινε το 1971 ως ένα υπολογιστικό εργαλείο για την ποσοτική και ποιοτική προσομοίωση της απορροής από καταιγίδες σε αστικές περιοχές. Μετά την 1η έκδοση, έγιναν τέσσερις κύριες αναβαθμίσεις: 2η έκδοση (1973-1975), 3η έκδοση (1979-1981), 4η έκδοση (1985-1988) και 5η έκδοση (2001-2004) (Rossman 2010).

Το λογισμικό λειτουργεί με διαίρεση της λεκάνης απορροής σε ένα σύνολο από υδρολογικά - υδραυλικά στοιχεία, δηλαδή σε υπολεκάνες και αγωγούς. Καθένα από αυτά τα στοιχεία χαρακτηρίζεται από διάφορες υδραυλικές ιδιότητες όπως για παράδειγμα το μέγεθος, η κλίση, ο συντελεστής τραχύτητας κ.λπ. Το τμήμα της διόδευσης του SWMM μεταφέρει την απορροή μέσω ενός συστήματος αγωγών, αντλιών και συσκευών αποθήκευσης και επεξεργασίας. Η εφαρμογή του SWMM είναι κατάλληλη τόσο για μεμονωμένα επεισόδια βροχής, όσο και για συνεχή προσομοίωση της ποσότητας και ποιότητας της απορροής νερού κυρίως σε αστικές και περιαστικές περιοχές (Rossman 2015).

#### 3.2 Τα αντικείμενα του SWMM

Τα αντικείμενα του SWMM 5.1 διακρίνονται σε οπτικά (visual objects) και μη οπτικά (non visual objects), για την απλοποίηση των ενεργειών του χρήστη. Το αποχετευτικό σύστημα αναπαριστάται από το μοντέλο SWMM με τα ακόλουθα αντικείμενα (Rossman 2010):

*Βροχόμετρο:* Πηγή δεδομένων βροχόπτωσης σε μία ή περισσότερες λεκάνες με βασικές παραμέτρους τον τύπο των δεδομένων της βροχόπτωσης (ένταση, όγκος ή ισοδύναμο ύψος), το χρονικό βήμα της βροχόπτωσης, την πηγή των δεδομένων (εισαγωγή χρονοσειράς ή κάποιο αρχείο), τέλος το όνομα του σταθμού.

*Υπολεκάνη:* Ένα τμήμα γης που δέχεται κατακρήμνιση όπως ορίζεται από το αντίστοιχο βροχόμετρο. Η απορροή που προκύπτει καταλήγει σε κόμβο του συστήματος αποχέτευσης ή σε άλλη υπολεκάνη. Οι υπολεκάνες αντιπροσωπεύουν υδρολογικές μονάδες γης με ομοιόμορφη κλίση, σταθερές τιμές τραχύτητας, αποθήκευσης ύδατος και τιμές διήθησης.

*Υδροφορέας:* Γεωλογική μονάδα κάτω από το έδαφος που δέχεται νερό μέσω διήθησης από την αντίστοιχη υπολεκάνη. Μία ποσότητα από το νερό αυτό μεταφέρεται ως υπόγεια εισροή σε κόμβο του δικτύου αποχέτευσης.

*Χιονόστρωμα:* Το συσσωρευμένο χιόνι που καλύπτει μία υπολεκάνη.

*Μοναδιαίο υδρογράφημα:* Η συνάρτηση απόκρισης που περιγράφει την ανά χρονικό βήμα απορροή η οποία προκύπτει για κάθε μονάδα ενεργού βροχόπτωσης που είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλη την έκταση της υπολεκάνης και έχει ομοιόμορφη ένταση.

*Κόμβος:* Σημείο του δικτύου αποχέτευσης όπου δύο ή περισσότεροι αγωγοί συνδέονται. Οι κόμβοι θεωρείται ότι έχουν αμελητέα δυνατότητα συγκράτησης και αποθήκευσης ομβρίων υδάτων . Οι βασικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν τον κόμβο είναι το υψόμετρο του πυθμένα του αγωγού (invert elevation), το ύψος μέχρι την επιφάνεια του εδάφους (maximum depth), η έκταση της λιμνάζουσας επιφάνειας που πλημμυρίζει, τα δεδομένα της εξωτερικής εισροής στο φρεάτιο.

*Κόμβος εκροής:* Το σημείο εξόδου του δικτύου αποχέτευσης όπου το νερό καταλήγει σε ένα υδάτινο σώμα (π.χ. θάλασσα) ή σε εγκατάσταση επεξεργασίας. Ο κόμβος εκροής έχει γνωστό υψόμετρο στάθμης.

*Διαχωριστής:* Σημείο στο δίκτυο αποχέτευσης όπου η ροή διαχωρίζεται σε δύο χωριστούς αγωγούς σύμφωνα με γνωστή σχέση.

*Μονάδα αποθήκευσης:* Μία λεκάνη κατακράτησης, μία τεχνητή λίμνη ή μία κοιλάτητα όπου γίνεται αποθήκευση του νερού.

*Αγωγός:* Κανάλι ή σωλήνας από όπου διοχετεύεται το νερό ή τα λύματα μεταξύ των κόμβων του δικτύου.

*Αντλία:* Συσκευή που αυξάνει το υδραυλικό φορτίο του νερού ή των λυμάτων.

*Εκχειλιστής:* Μικρή κατασκευή με στόχο την αύξηση της στάθμης της ροής στα ανάντη ή τον έλεγχο της παροχής στον αγωγό.

*Αγωγός εξόδου:* Ο αγωγός που συνδέεται με τον κόμβο εκροής.

*Αγωγός με μη κανονική γεωμετρία:* Οι περισσότεροι αγωγοί έχουν ορθογωνικές, τραπεζοειδείς, κυκλικές διατομές. Στην περίπτωση μη κανονικής γεωμετρίας, ορίζεται κατάλληλα από το χρήστη η μεταβολή του βάθους σε σχέση με την απόσταση.

*Κανόνες ελέγχου:* Συνθήκες IF - THEN - ELSE που καθορίζουν πότε θα πραγματοποιηθούν συγκεκριμένες ενέργειες ελέγχου (π.χ. άνοιγμα ή κλείσιμο αντλίας ανάλογα με την τιμή του βάθους ροής σε έναν κόμβο).

*Ρύπος:* Ουσία που ενδεχομένως να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον. Ο ρύπος εισέρχεται στο δίκτυο απευθείας ή μέσω έκπλυσης από την επιφάνεια.

*Χρήση γης:* Οι δραστηριότητες και επεμβάσεις των ανθρώπων σε ένα τμήμα γης. Με βάση τις χρήσεις γης μελετάται η συσσώρευση των ρύπων και η έκπλυσή τους.

*Πρακτική LID:* Οι πρακτικές Low Impact Development εφαρμόζονται για τη μείωση της επιφανειακής απορροής μέσω υποβοηθούμενης διήθησης (π.χ. πορώδες οδόστρωμα, πράσινες στέγες κ.ά.).

*Συνάρτηση ρύπου:* Μία συνάρτηση που δίνεται από το χρήστη και περιγράφει τη μείωση των ρύπων σε σχέση με μεγέθη όπως η παροχή, το βάθος ροής κ.ά.

*Καμπύλη:* Μία πινακοποιημένη σχέση μεταξύ διαφόρων ποσοτήτων (π.χ. καμπύλη παροχής και υδραυλικού φορτίου για μία αντλία).

*Χρονοσειρά:* Μία πινακοποιημένη σχέση που περιγράφει τη μεταβολή μίας ποσότητας με το χρόνο (π.χ. χρονοσειρά βροχόπτωσης).

*Χρονική κατανομή:* Συντελεστές που καθορίζουν τη χρονική κατανομή μίας ποσότητας σε ένα διάστημα (π.χ. μηνιαία/ημερήσια/ωριαία χρονική κατανομή).

### 3.3 Τυπικές εφαρμογές και δυνατότητες του SWMM

Οι πιο τυπικές εφαρμογές στις οποίες έχει χρησιμοποιηθεί το SWMM στις μελέτες που έχουν γίνει τόσα χρόνια σύμφωνα με τον Rossman (2010) είναι αρχικά τόσο ο σχεδιασμός όσο και η διαστασιολόγηση τμημάτων αποχετευτικών συστημάτων για τον έλεγχο των πλημμυρών. Άλλη εφαρμογή είναι η διαστασιολόγηση των δεξαμενών αποθήκευσης και των συνιστωσών τους, ώστε να ελέγχονται οι πλημμύρες και να προστατεύεται η ποιότητα του νερού. Επίσης, άλλη τυπική εφαρμογή που χρησιμοποιείται το SWMM είναι η χαρτογράφηση της κοίτης πλημμυρών των φυσικών υδατορρεμάτων και η δημιουργία σεναρίων ελέγχου για την ελαχιστοποίηση των υπερχειλίσεων των αγωγών των παντοροϊκών δικτύων με αξιολόγηση των επιπτώσεων των εισροών και των διηθήσεων από τις υπερχειλίσεις των αγωγών ακαθάρτων. Τέλος, δυο βασικές εφαρμογές στις οποίες η χρήση του SWMM αναδεικνύεται αρκετά σημαντική είναι στη δημιουργία ρυπαντικών φορτίων από μη σημειακές πηγές ρύπανσης για τις μελέτες κατανομής των φορτίων των ρύπων και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των BMPs-LIDs (πράσινων εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης της όμβριας απορροής) για τη μείωση των ρυπαντικών φορτίων κατά τις υγρές περιόδους.

Το SWMM λοιπόν όπως αναφέρθηκε έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές εφαρμογές και αυτό γιατί έχει πολλές δυνατότητες στο να προσομοιώνει πληθώρα από υδρολογικές διεργασίες που περιλαμβάνουν την επιφανειακή απορροή σε αστικές περιοχές. Τέτοιες διεργασίες είναι:

- Βροχόπτωση
- Εξάτμιση επιφανειακού νερού
- Συσσώρευση και τήξη χιονιού
- Επιφανειακή αποθήκευση



- Διήθηση σε ακόρεστα στρώματα εδάφους
- Δείσδυση διηθούμενου νερού σε στρώματα υπογείων υδάτων
- Επιφανειακή απορροή
- Ταχεία υπεδάφια απορροή
- Δέσμευση και συγκράτηση της βροχόπτωσης/απορροής με διαφορετικούς τύπους αιεφόρων μεθόδων διαχείρισης της όμβριας απορροή (LIDs)

Σε αυτές τις διεργασίες η περιοχή μελέτης μπορεί να χωριστεί σε πιο μικρές, ομογενείς υπολεκάνες και έπειτα οι μικρές αυτές υπολεκάνες να χωριστούν σε περατό και αδιαπέρατο τμήμα. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί χωρική μεταβλητότητα. Η επιφανειακή απορροή μπορεί να διοδευθεί ανάμεσα στις λεκάνες, τις υπολεκάνες, και τα σημεία εισόδου του αποχετευτικού συστήματος. Εκτός από τις υδρολογικές διαδικασίες, το SWMM εμπεριέχει ένα σύνολο υδραυλικών δυνατοτήτων μοντελοποίησης. Αυτές οι δυνατότητες είναι οι εξής:

- Χειρισμός δικτύων απεριόριστου μεγέθους.
- Χρήση μεγάλης ποικιλίας προκαθορισμένων σχημάτων κλειστών και ανοιχτών αγωγών.
- Μοντελοποίηση ειδικών στοιχείων όπως μονάδες αποθήκευσης και επεξεργασίας, αντλίες, υπερχειλιστές και στόμια.
- Δυνατότητα εφαρμογής εξωτερικών εισροών λόγω επιφανειακής απορροής, ταχείας υπεδάφιας απορροής, διήθησης λόγω βροχόπτωσης καθώς και άλλων εισροών οριζόμενων από τον χρήστη.
- Διόδευση σε συνθήκες ομοιόμορφης και ανομοιόμορφης ροής.
- Μοντελοποίηση ακόμα και πολύπλοκων φαινομένων ροής όπως ανάστροφη ροή, υπερχείλιση κ.α.
- Εφαρμογή δυναμικών κανόνων ελέγχου, οριζόμενων από τον χρήστη για την προσομοίωση της λειτουργίας των αντλιών, των διαφραγμάτων, των στομιών κ.α.

Τέλος, με το SWMM ο χρήστης έχει τη δυνατότητα υπολογισμού των ρυπαντικών φορτίων που δημιουργούνται από συγκεκριμένη απορροή. Ενδεικτικά, κάποιες παράμετροι λοιπόν της απορροής που έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει είναι οι ρύποι που δημιουργούνται κατά την άνομβρη περίοδο από διαφορετικές χρήσεις γης ή η συμβολή των βροχοπτώσεων στις εναποθέσεις φερτών υλών, οι παρασιτικές εισροές κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων στο δίκτυο ακαθάρτων και οι εισροές που καθορίζονται από το χρήστη σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου κ.ά. (Rossman 2010).

### 3.4 Εννοιολογική αντίληψη μοντέλου

Το SWMM λοιπόν αντιλαμβάνεται το αποχετευτικό σύστημα ως την αλληλουχία της ροής του νερού και άλλων υλικών που λαμβάνουν χώρα στα τέσσερα κύρια τμήματα του περιβάλλοντος, δηλαδή στην ατμόσφαιρα, την επιφάνεια της γης, τα υπόγεια ύδατα και το τμήμα της μεταφοράς. Πιο αναλυτικά (Rossman 2010):

1. Στο τμήμα της ατμόσφαιρας (Atmosphere compartment) δημιουργείται η κατακρήμνιση και οι ρύποι, οι οποίοι τελικά μεταφέρονται στο τμήμα της γης. Το SWMM χρησιμοποιεί βροχογράφους (Rain Gages) ώστε να αναπαρίσταται η βροχόπτωση ως δεδομένο εισόδου στο σύστημα.
2. Στο τμήμα της επιφάνειας της γης (Land Surface compartment) υπάρχει η αναπαράσταση των λεκανών απορροής, οι οποίες είναι ο αποδέκτης της κατακρήμνισης από το τμήμα της ατμόσφαιρας είτε με την μορφή βροχής, είτε με τη μορφή χιονιού. Μέσω της διήθησης τμήμα του νερού κατευθύνεται προς τα υπόγεια ύδατα και το άλλο τμήμα αποστέλλει την επιφανειακή απορροή και τα ρυπαντικά φορτία στο τμήμα μεταφοράς.
3. Στο τμήμα των υπόγειων υδάτων (Groundwater compartment) όπως αναφέρθηκε μέσω της διήθησης οδηγείται μέρος του νερού και ένα άλλο μέρος μεταφέρεται ως εισροή στο τμήμα της μεταφοράς.
4. Τέλος, στο τμήμα της μεταφοράς (Transport compartment) γίνεται η υποδοχή της επιφανειακής απορροής από το τμήμα εδάφους και από τα υπόγεια ύδατα εισροή

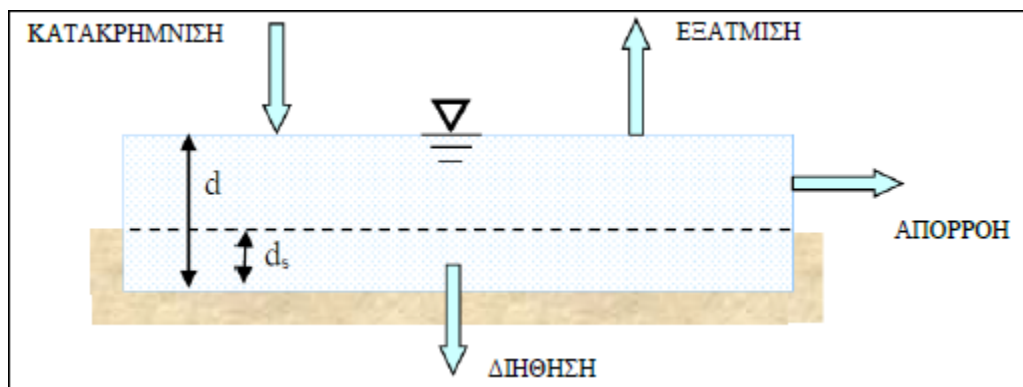
υδάτων. Εδώ περιλαμβάνεται το δίκτυο μεταφοράς, δηλαδή οι αγωγοί, τα κανάλια, οι αντλίες κτλ.

### 3.5 Υπολογιστικές μέθοδοι

Το SWMM είναι ένα φυσικά δομημένο, διακριτού χρόνου λογισμικό προσομοίωσης. Οι αρχές που εφαρμόζει το λογισμικό είναι η διατήρηση της μάζας, της ενέργειας και της ορμής. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιεί το SWMM προκειμένου να μοντελοποιήσει την ποιότητα και την ποσότητα της απορροής είναι (Rossman 2016):

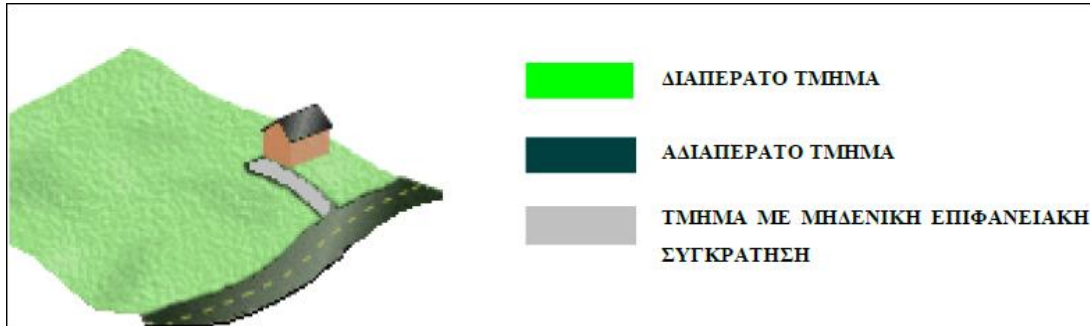
- Επιφανειακή απορροή
- Υπόγεια νερά
- Διόδευση απορροής
- Διόδευση της ποιότητας των υδάτων
- Διήθηση
- Τήξη χιονιού
- Επιφανειακή λίμναση

Αναφορικά με την επιφανειακή απορροή η προσομοίωση της κίνησης του νερού της βροχόπτωσης αποτελείται από την επιφανειακή ροή και τη ροή στους αγωγούς. Στην επιφανειακή ροή κάθε επιφάνεια υπολεκάνης αντιμετωπίζεται ως μία μη γραμμική δεξαμενή (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3. 1: Μη γραμμικό μοντέλο δεξαμενής μιας υπολεκάνης στο SWMM Πηγή: Rossman (2016)

Οι εισροές προέρχονται από την βροχόπτωση και τις ανάντη υπολεκάνες. Οι υπολεκάνες υποδιαιρούνται σε τρεις υποπεριοχές που παριστάνουν δύο αδιαπερατές και χωρίς αποθήκευση ύδατος περιοχές και μία διαπερατή (Εικόνα 3.2).



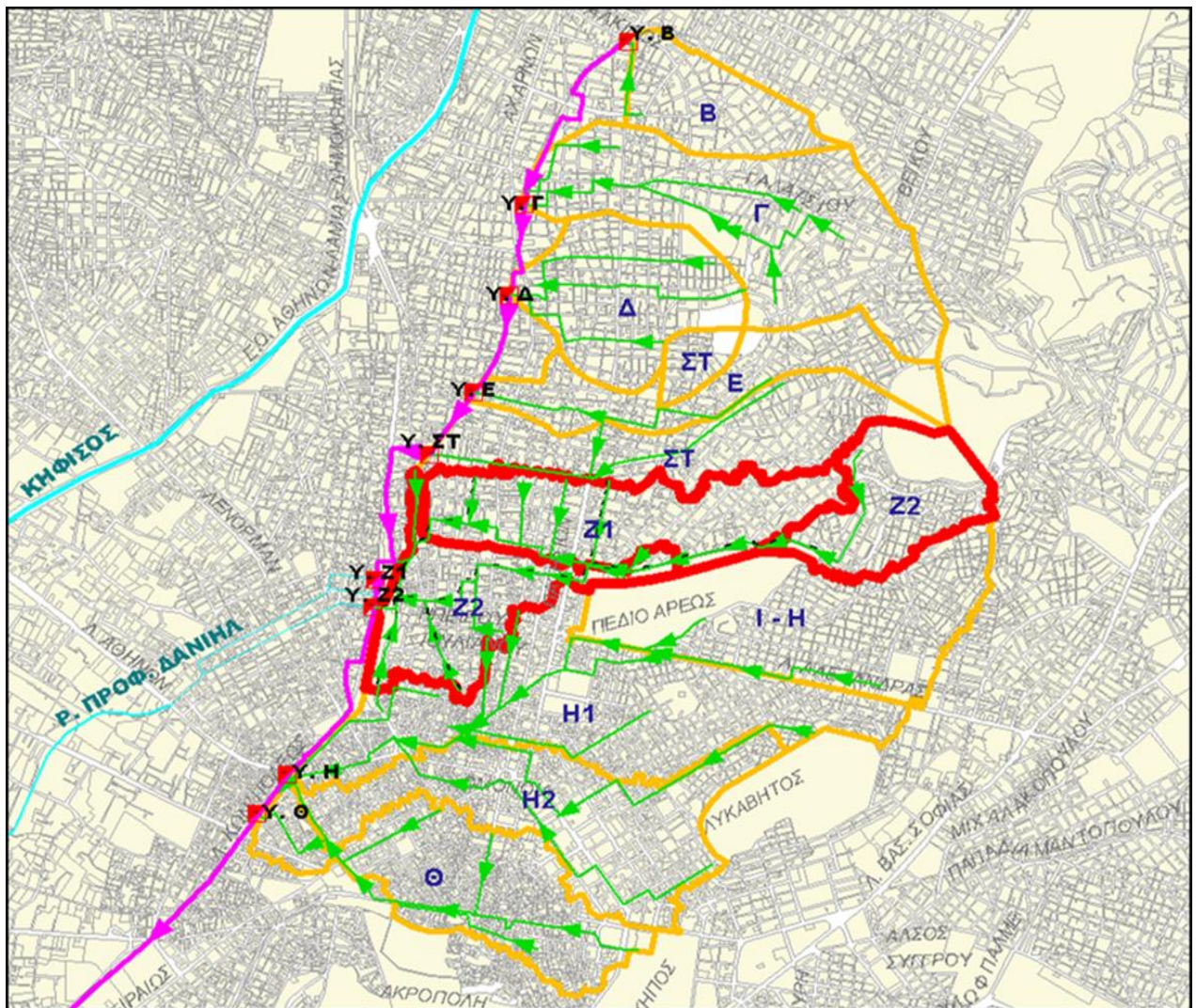
Εικόνα 3. 2: Είδη υποπεριοχών σε μια υπολεκάνη στο SWMM Πηγή: Rossman (2016)

Η ροή από κάθε υποπεριοχή οδηγείται σε ένα φρεάτιο. Η επιφανειακή ροή που παράγεται από κάθε μία από τις τρεις υποπεριοχές προκύπτει από τη θεώρησή τους ως μη γραμμικές ιδεατές δεξαμενές. Η χωρητικότητα αυτής της δεξαμενής ισούται με τη μέγιστη επιφανειακή αποθήκευση η οποία προκύπτει από την επιφανειακή λίμναση, την διύγρυνση του εδάφους, καθώς και τη συγκράτηση του νερού από την φυτοκόμηση. Η επιφανειακή απορροή  $q$  συμβαίνει όταν το βάθος του νερού  $d$  στην ιδεατή δεξαμενή είναι μεγαλύτερο από τη μέγιστη επιφανειακή αποθήκευση  $d_s$ .

## 4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 4.1 Γενική περιγραφή

Η περιοχή μελέτης της εργασίας βρίσκεται στο κέντρο των Αθηνών, στον ευρύτερο χώρο της περιοχής των Πατησίων και διοικητικά εκτείνεται στους δήμους του Γαλασίου (ένα μικρό ποσοστό) και της Αθήνας (κατά πλειοψηφία). Αποτελεί μέρος του παντοροϊκού τμήματος του αποχετευτικού δικτύου της πρωτεύουσας. Το παντοροϊκό σύστημα που είναι και το πιο παλιό χωρίζεται στις εξής ζώνες: Β, Γ, Δ, Ε, ΣΤ, Ζ1, Ζ2, Η1, Η2 και Θ, όπως ακριβώς απεικονίζονται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4. 1: Απεικόνιση Παντοροϊκού Δικτύου Αθηνών

Πηγή: Hydroplan-EU 2006



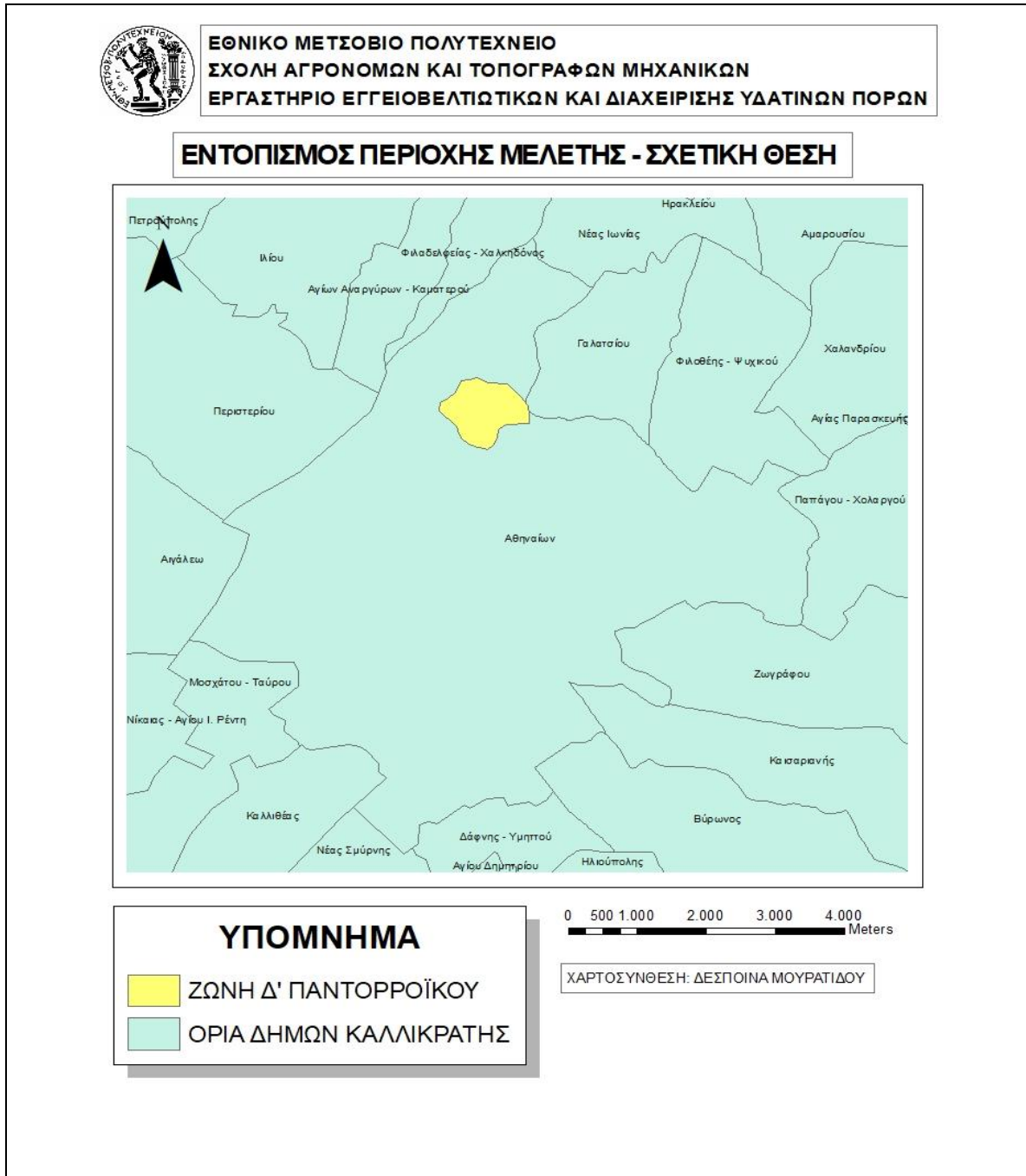
Η λεκάνη απορροής των ομβρίων καταλαμβάνει έκταση περίπου 13,10 km<sup>2</sup>, ενώ αυτή των ακαθάρτων υδάτων 12,50 km<sup>2</sup> αντίστοιχα. Ο Κ.Α.Α. (Κεντρικός Αγωγός Αποχέτευσης) είναι ο αποδέκτης των ακαθάρτων όλης της περιοχής, στον οποίο εντάχθηκαν εννέα υπερχειλιστές (ο υπερχειλιστής Η είναι ο μοναδικός που δεν κατασκευάστηκε). Αντίστοιχα για τα όμβρια το ρέμα του Προφ. Δανιήλ και ο ποταμός Κηφισός είναι οι αποδέκτες. Στα φρεάτια των υπερχειλιστών γίνεται ο διαχωρισμός απορροής των ακαθάρτων, που συνεχίζουν στον Κ.Α.Α., και των ομβρίων που παραλαμβάνονται μέσω υπερχείλισης και διοχετεύονται στους αντίστοιχους αγωγούς υπερχείλισης Β, Γ, Δ, Ε, ΣΤ, Ζ1 και Ζ2 ([http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022\\_daras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022_daras.pdf)).

Κατά τη διάρκεια περιόδων βροχής και όταν η απορροή των ομβρίων και τα λύματα της κάθε ζώνης στο παντοροϊκό δίκτυο, δεν ξεπερνούν ένα όριο, το σύνολο της μικτής αυτής ροής παροχετεύεται από τον Κ.Α.Α., ο οποίος λειτουργεί και σαν παντοροϊκός συλλεκτήρας (οι διατομές του είναι πολύ μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες για την παροχέτευση μόνο των λυμάτων) ([http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022\\_daras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022_daras.pdf)).

Όπως προαναφέρθηκε, αποδέκτες των αγωγών υπερχειλίσεων των ομβρίων είναι ο ποταμός Κηφισός, στον οποίο εκβάλλουν οι αγωγοί υπερχείλισης του βόρειου τμήματος των ζωνών, δηλαδή (από τους υπερχειλιστές Β έως και ΣΤ), και το ρέμα του Προφ. Δανιήλ, για τις πιο νότιες ζώνες (από υπερχειλιστές Ζ1 και Ζ2). Στο ρέμα του Προφ. Δανιήλ υπήρχε πρόβλεψη να εκβάλει και ο αγωγός υπερχείλισης Θ. Το συγκεκριμένο ρέμα εκβάλλει στον Κηφισό, μέσω μάλιστα πρόσφατου έργου εκβολής κατάντη του κόμβου με την Π.Ράλλη. Δεν έχουν κατασκευασθεί ακόμα τόσο οι αγωγοί υπερχείλισης Θ και Η, όσο και ο υπερχειλιστής Η ([http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022\\_daras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022_daras.pdf)).

Επί του ρέματος Προφήτη Δανιήλ έχουν κατασκευασθεί και λειτουργούν δύο έργα εκτροπής της παροχής ξηράς περιόδου (κόφρες Ε1 και Ε2) και επί του Π. Κηφισού τρία παρόμοια έργα (Ε3, Ε4 και Ε5), με σκοπό την αποφυγή ρύπανσης του θαλάσσιου

αποδέκτη ([http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022\\_daras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022_daras.pdf)). Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε η ζώνη Δ ως περιοχή μελέτης. Η ζώνη Δ του παντοροϊκού δικτύου καταλαμβάνει έκταση 0.88 km<sup>2</sup> και στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζεται η σχετική θέση της και η διοικητική διαίρεση της περιοχής.



Εικόνα 4. 2: Σχετική θέση περιοχής μελέτης και διοικητική διαίρεση

Η Ζώνη Δ', σύμφωνα και με την δορυφορική απεικόνιση (Εικόνα 4.3) οριοθετείται προσεγγιστικά βόρεια από τις λεωφόρους Γαλατσίου και Καφταντζόγλου, νότια από την οδό Κύπρου, δυτικά από την Λεωφόρο Ιωνίας και την οδό Αχαρνών και ανατολικά από τη λεωφόρο Αγίας Γλυκερίας.





Εικόνα 4. 3: Δορυφορική απεικόνιση Ζώνης Δ' Παντοροϊκού δικτύου Αθηνών (Google Earth)

## 4.2 Περιγραφή της πορείας των εργασιών

Η διαδικασία προς την ολοκλήρωση της χαρτογραφικής αναπαράστασης και της μοντελοποίησης του αποχετευτικού δικτύου ακολούθησε την πορεία που περιγράφεται στη συνέχεια. Τα βήματα λοιπόν κατά σειρά ήταν:

- Εισήχθησαν στο λογισμικό ArcGIS οι παραληφθείσες πινακίδες, οι οποίες αναπαριστούσαν στοιχεία του δικτύου όπως οι αγωγοί (το είδος, το μήκος, οι κλίσεις και η διάμετρος), τα φρεάτια (τα ονόματα, τα υψόμετρα στέψης και πυθμένα αυτών) αλλά και τα οικοδομικά τετράγωνα.
- Ψηφιοποιήθηκαν τα οικοδομικά τετράγωνα, τα φρεάτια και οι αγωγοί που απεικονίζονταν.
- Έγινε χρήση του λογισμικού AutoCAD για την επιτυχή διχοτόμηση των οικοδομικών τετραγώνων (υδροκρίτες).
- Σχηματίστηκαν οι αστικές λεκάνες απορροής στο λογισμικό ArcGIS, ακολουθώντας τους κανόνες της αστικής υδρολογίας.
- Έγινε εισαγωγή του συνόλου του ψηφιοποιημένου αποχετευτικού δικτύου (αστικές λεκάνες απορροής, φρεάτια, αγωγοί) στο λογισμικό inr.PINS, με τη βοήθεια του οποίου εξήχθη σε μορφή κατάλληλη για το λογισμικό SWMM. Έγινε συμπλήρωση όσων στοιχείων η ψηφιοποίηση δεν επετεύχθη.
- Υπολογίσθηκαν οι απορροές ξηρού καιρού και κατόπιν εισήχθησαν στο λογισμικό SWMM.
- Δημιουργήθηκαν 32 σενάρια, για κάθε ένα από τα οποία πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση του δικτύου.

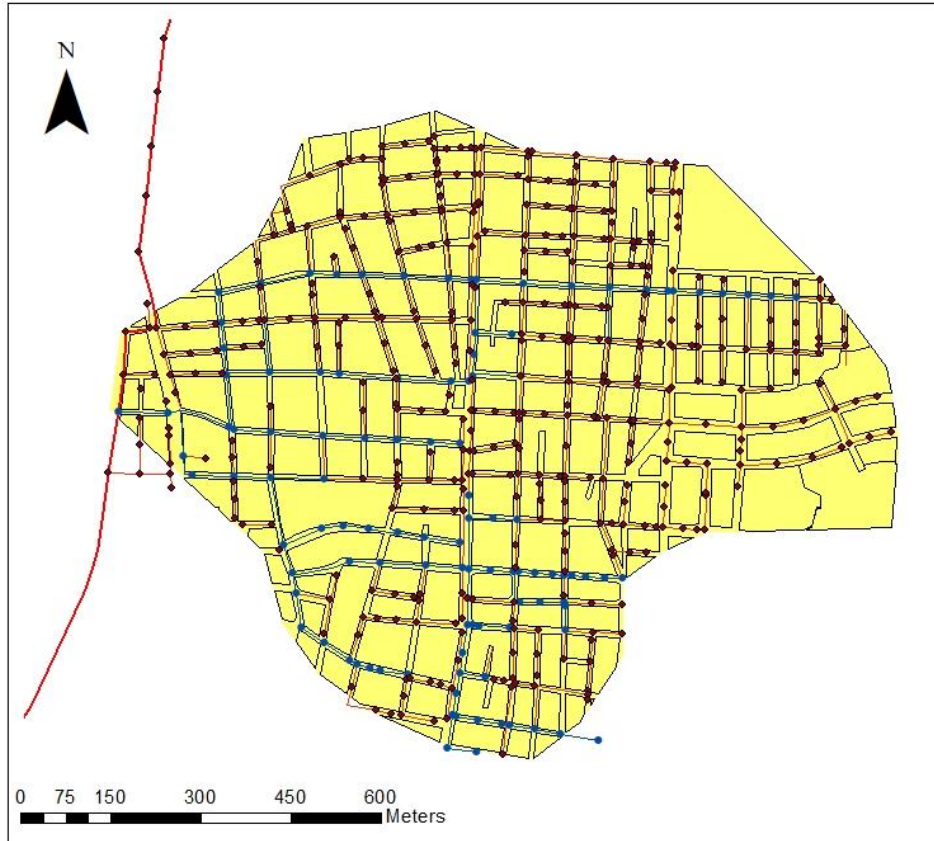
## 4.3 Ψηφιοποίηση και αναπαράσταση του αποχετευτικού δικτύου

Το λογισμικό ArcGIS χρησιμοποιήθηκε ώστε να ψηφιοποιηθούν τα απαραίτητα στοιχεία, όπως η Δ' Ζώνη του παντοροϊκού δικτύου Αθηνών, ο Κ.Α.Α, τα οικοδομικά τετράγωνα της Δ' Ζώνης, οι αγωγοί του αποχετευτικού δικτύου (ακαθάρτων και παντοροϊκού), καθώς και τα φρεάτια του αποχετευτικού δικτύου (Εικόνα 4.4).





ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ◆ ΦΡΕΑΤΙΑ
- ΦΡΕΑΤΙΑ ΠΑΝΤΟΡΡΟΪΚΟΥ
- Κ.Α.Α
- ΑΓΩΓΟΙ ΠΑΝΤΟΡΡΟΪΚΟΥ
- ΑΓΩΓΟΙ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ
- ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ
- ΖΩΝΗ Δ' ΠΑΝΤΟΡΡΟΪΚΟΥ

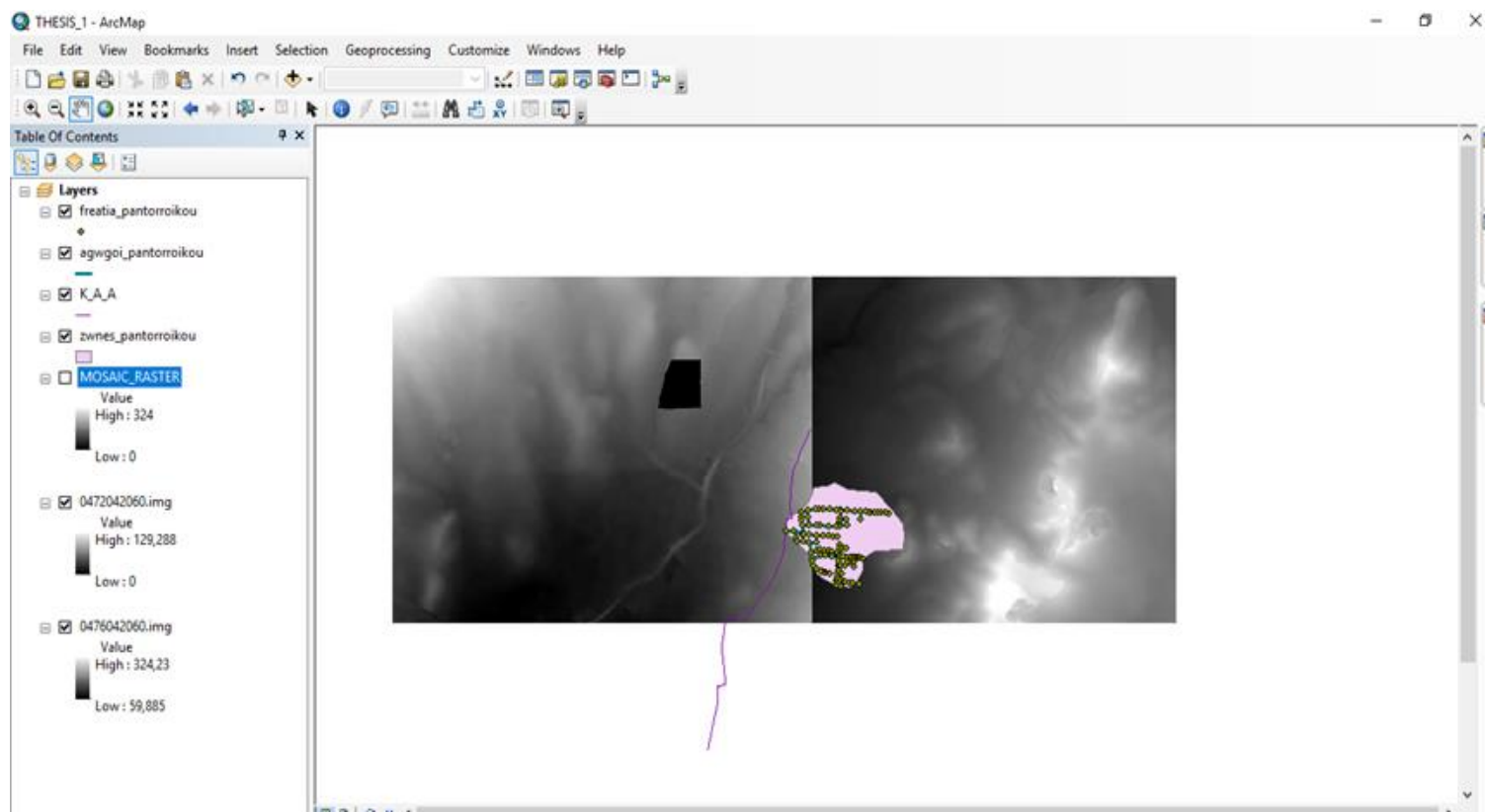
ΧΑΡΤΟΣΥΝΘΕΣΗ: ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΜΟΥΡΑΤΙΔΟΥ

Εικόνα 4. 4: Αποχετευτικό δίκτυο Δ' Ζώνης παντορροϊκού δικτύου Αθηνών

#### 4.4 Χάραξη αστικών λεκανών απορροής

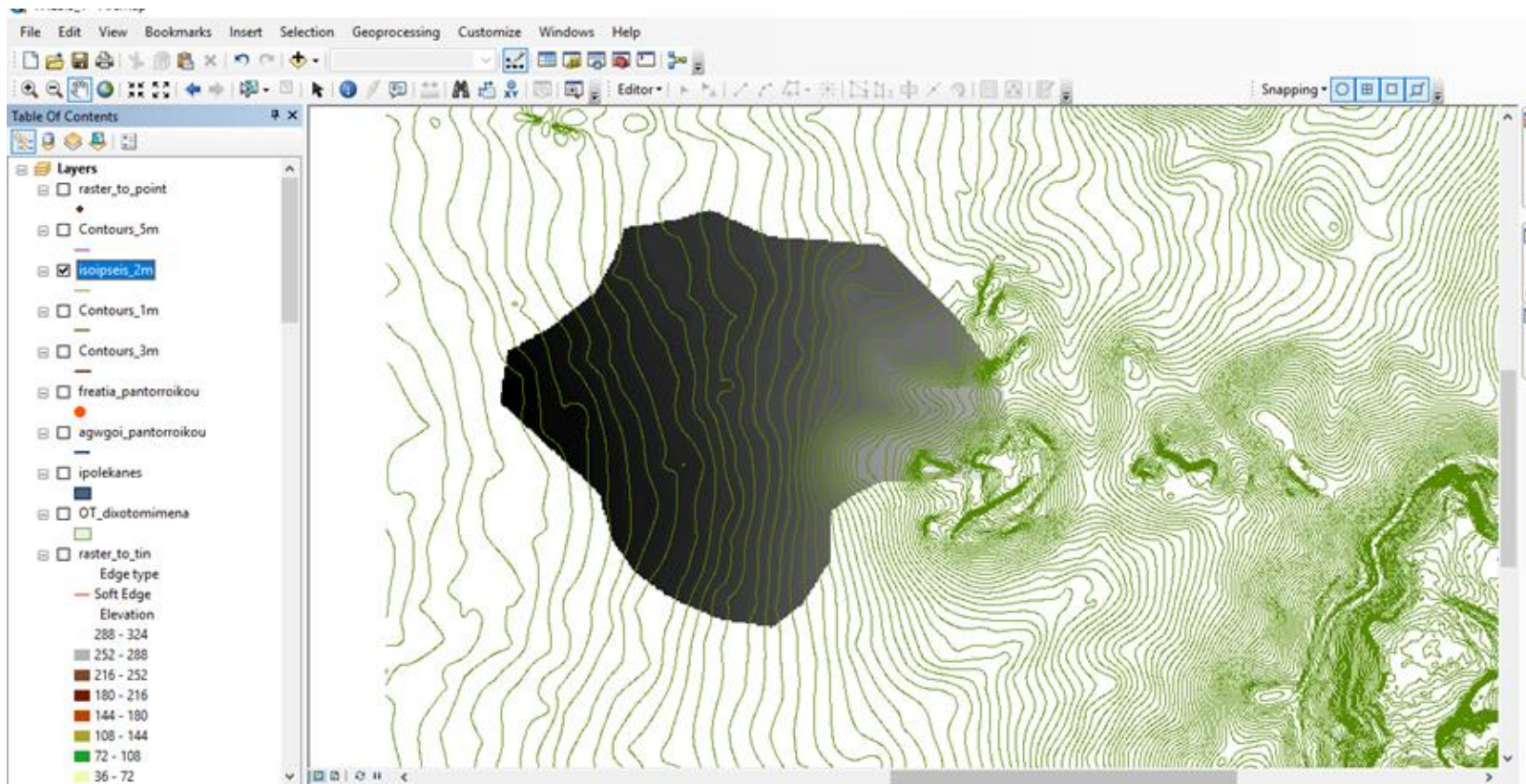
Για να οριστούν τα όρια μιας λεκάνης απορροής που αποστραγγίζεται διάμεσου ενός υδρογραφικού δικτύου πρέπει πρώτα να κατασκευαστεί ο υδροκρίτης του δικτύου (Τσακίρης 2013). Για τον σχηματισμό λοιπόν υπολεκανών απορροής αυτό που λαμβάνεται υπόψη είναι μόνο ο υδροκρίτης. Ο υδροκρίτης καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την τοπογραφία της περιοχής και για να σχηματισθεί μελετώνται οι

ισοψείς καμπύλες. Συνεπώς στο ArcGIS εισήχθησαν τα δύο ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DTM) (ανάλυσης 5\*5) της ευρύτερης περιοχής που είχαν δοθεί, στα οποία περιεχόταν και η υπό μελέτη περιοχή (Εικόνα 4.5).



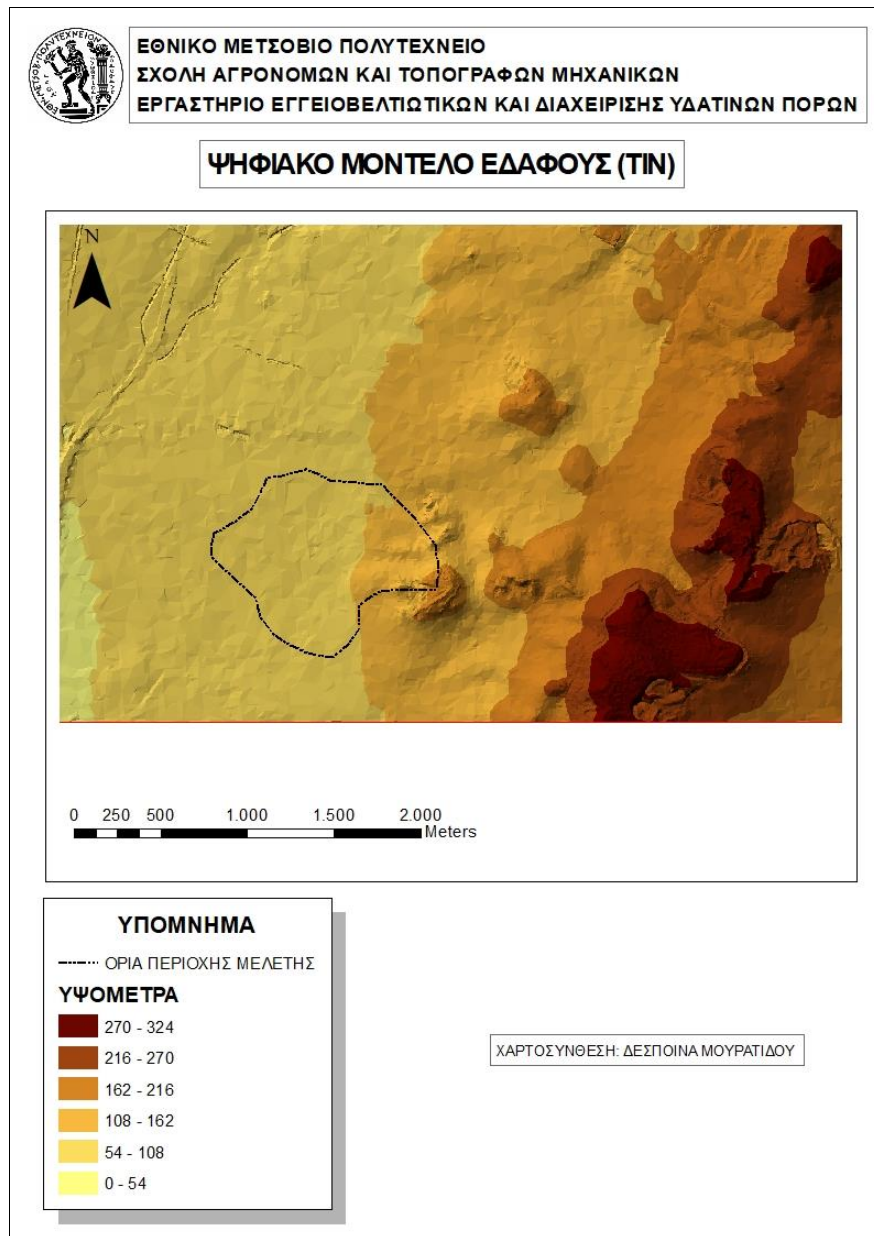
Εικόνα 4. 5: Αρχικά DTM ευρύτερης περιοχής

Έπειτα το παραγόμενο DTM κόπηκε στα όρια της περιοχής μελέτης και δημιουργήθηκαν οι ισουψείς καμπύλες με ισοδιάσταση 2m για τη βοήθεια στο προσδιορισμό των υπολεκανών απορροής (Εικόνα 4.6).



Εικόνα 4. 6: Χάραξη ισούψων καμπυλών

Έπειτα από όλες αυτές τις διαδικασίες παράχθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής μας με ελάχιστο υψόμετρο τα 54 m, μέγιστο τα 216 m και ανάλυσης 5x5 m (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4. 7: Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους περιοχής μελέτης

Η τοπογραφία όμως αρκεί μόνο για τις φυσικές λεκάνες όπως προαναφέρθηκε. Για τις αστικές είναι απαραίτητη και η ρυμοτομία. Για τη δημιουργία τους λοιπόν χωρίστηκε κάθε οικοδομικό τετράγωνο σε τέσσερα τμήματα φέροντας τις διχοτόμους στις τέσσερις γωνίες του, οι οποίες έχουν τον ρόλο του υδροκρίτη. Με αυτό τον τρόπο αποχετεύονται τα όμβρια κάθε τμήματος μιας επιφάνειας ενός οικοδομικού



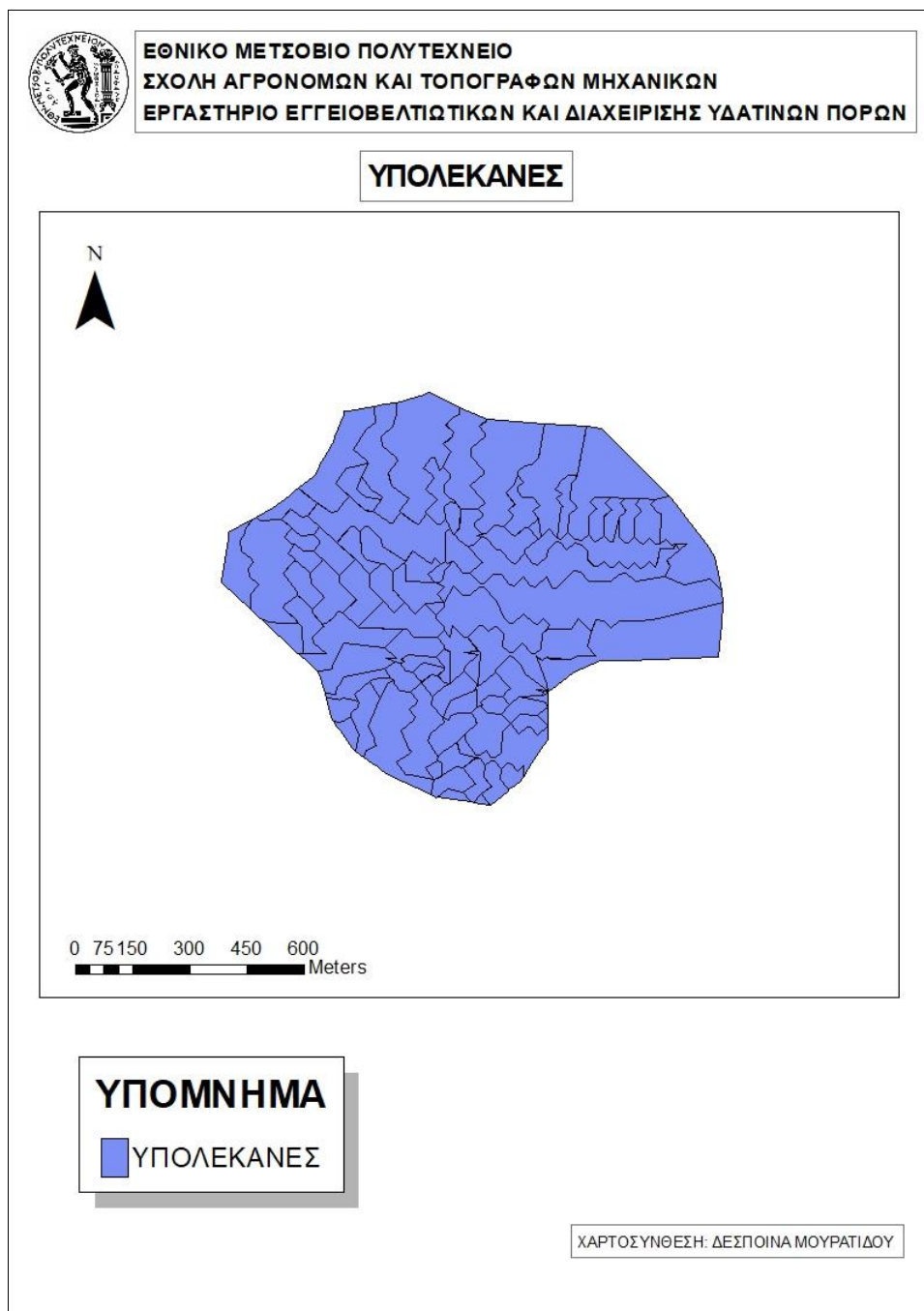
τετραγώνου στα φρεάτια του παντορροϊκού. Για να προσδιοριστεί το φρεάτιο εφαρμόζονται οι αρχές της αστικής υδρολογίας ότι κάθε σημείο ενός οικοδομικού αποχετεύεται στο πλησιέστερο ρεΐθρο της πλησιέστερης οδού, η ροή ακολουθεί τη μέγιστη κλίση του εδάφους και ως σημείο εξόδου μιας υπολεκάνης θεωρείται ένα φρεάτιο εισόδου (Τσακίρης 2010). Στην Εικόνα 4.8 φαίνονται χαραγμένοι οι υδροκρίτες των οικοδομικών τετραγώνων της Δ' Ζώνης του Παντορροϊκού δικτύου Αθηνών, οι οποίοι δημιουργήθηκαν στο λογισμικό Autocad.



Εικόνα 4. 8: Υδροκριτικές γραμμές οικοδομικών τετραγώνων

Τέλος, στο λογισμικό ArcMap έγινε η ενοποίηση των αστικών λεκανών απορροής (Εικόνα 4.9). Για την ενοποίηση χρησιμοποιήθηκαν οι υδροκρίτες κάθε οικοδομικού

τετραγώνου σε συνδυασμό με το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής μελέτης. Για να επιτευχθεί ακολουθήθηκε η αρχή ποιο φρεάτιο αποχετεύει το κάθε τμήμα των οικοδομικών τετραγώνων.



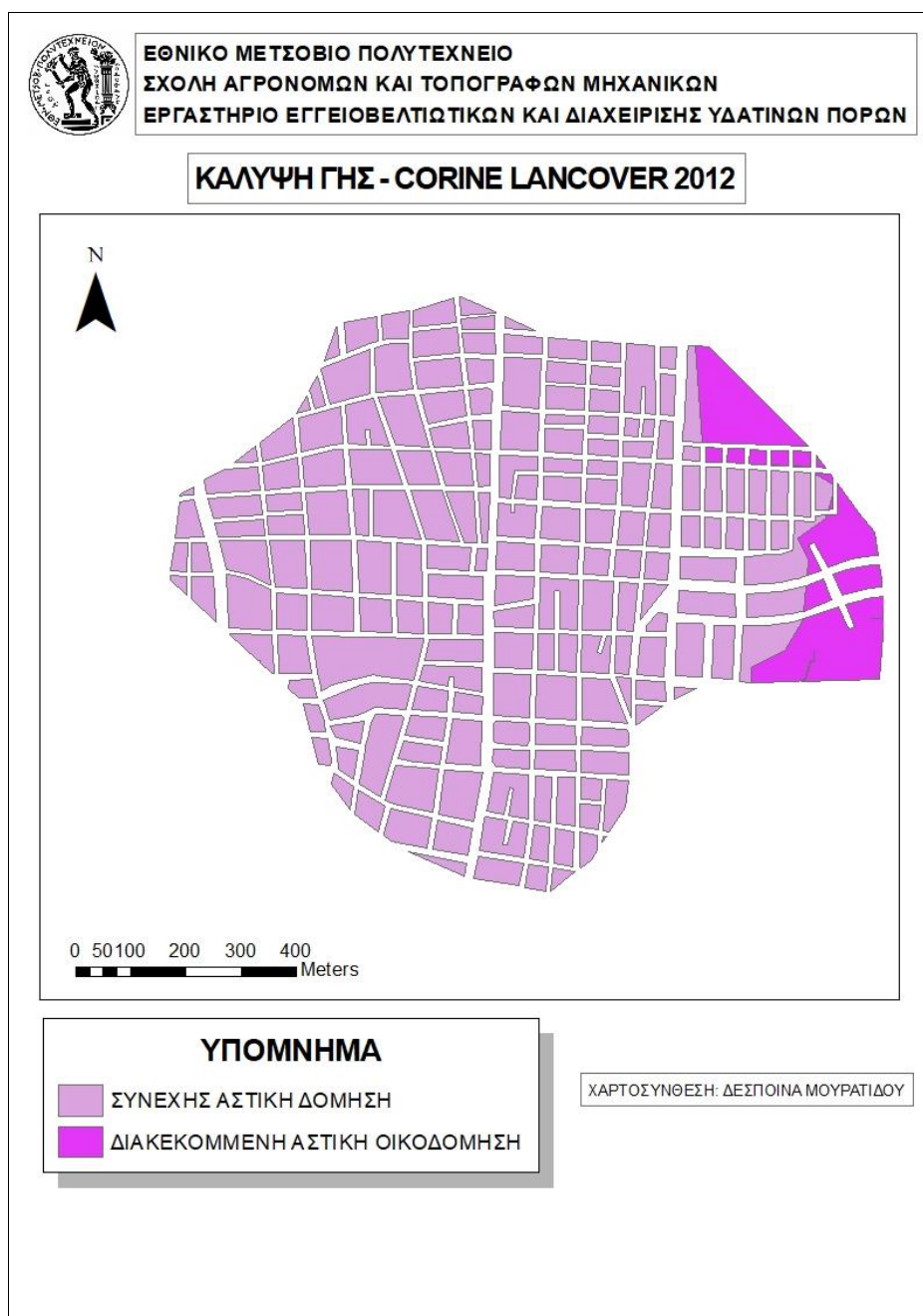
Εικόνα 4. 9: Αστικές λεκάνες απορροής Δ' Ζώνης Παντοροϊκού δικτύου Αθηνών

#### 4.5 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης σε κάθε λεκάνη «διαδραματίζουν» τον δικό τους ρόλο σχετικά με την υδρολογική απόκριση της λεκάνης απορροής. Στην Ζώνη Δ' μας η κύρια χρήση γης είναι η συνεχής αστική δόμηση και η διακεκομμένη αστική οικοδόμηση στο



βορειοανατολικό τμήμα με βάση τις χρήσεις του Corine Land Cover (2012) (Εικόνα 4.10).



Εικόνα 4. 10: Χάρτης χρήσεων γης Δ' Ζώνης Παντορροϊκού δικτύου Αθηνών ( Corine Landcover 2012)

#### 4.6 Μοντελοποίηση αποχετευτικού δικτύου μέσω του λογισμικού *inr.PINS*

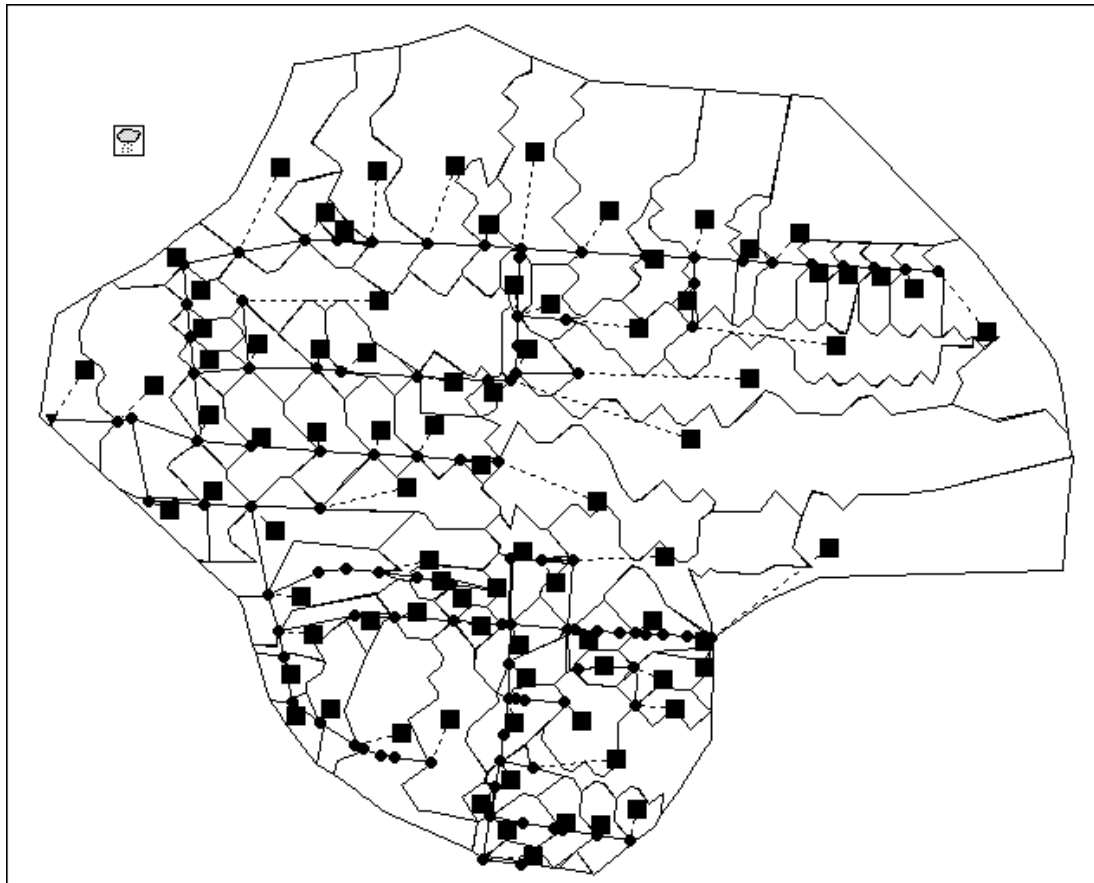
Το λογισμικό που είχε επιλέχθηκε αρχικά για χρήση ήταν το *InfoSWMM*, μια προέκταση ενσωματωμένη στο λογισμικό *ArcGIS*, το οποίο παρέχει πολλές δυνατότητες υδρολογικών διεργασιών. Ωστόσο λόγω της διακοπής της κυκλοφορίας του συγκεκριμένου *extention*, επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε το «ελεύθερο» λογισμικό *inr.PINS*. Η δημιουργία του δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, να

μετατρέπουν τα αρχεία σε κατάλληλη μορφή για εισαγωγή και επεξεργασία στο λογισμικό SWMM.

Το *inp.PINS* σχεδιάστηκε, έχοντας ως κύρια ιδέα την σύνδεση των οπτικών αντικειμένων του SWMM με αυτά των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), χωρίς ωστόσο να περιλαμβάνει τα αριθμητικά δεδομένα, τα οποία δεν είναι απαραίτητα για τον ορισμό αυτών των αντικειμένων. Συνεπώς πρέπει να γίνεται μια επιπρόσθετη δουλειά στο SWMM αναφορικά με τα αριθμητικά δεδομένα. Το *inp.PINS* παράγει αρχεία τύπου (.*inp*) για την εισαγωγή τους στο SWMM, με τις πληροφορίες που περιέχονται στα αρχεία GIS (Μπούκας 2019). Στην παρούσα εργασία λοιπόν, έγινε η μοντελοποίηση, μέσω του λογισμικού *inp.PINS*, του αρχικού αποχετευτικού συστήματος, το οποίο ήταν πολύγωνα, σημεία και γραμμές, ούτως ώστε να αναγνωρίζονται από το λογισμικό SWMM οι λεκάνες απορροής, τα φρεάτια και οι αγωγοί ως μέλη του αποχετευτικού συστήματος. Ωστόσο οι αγωγοί επειδή δεν μπόρεσαν να μετατραπούν ως αρχείο συμβατό για το SWMM μέσω του *inp.PINS*, σχεδιάστηκαν από την αρχή στο SWMM.

#### 4.7 Μοντελοποιημένο αποχετευτικό δίκτυο στο SWMM

Με την εξαγωγή του τροποποιημένου αρχείου από το *inp.PINS* και την εισαγωγή στο λογισμικό SWMM το μοντελοποιημένο το αποχετευτικό δίκτυο της Δ΄ Ζώνης του παντοροϊκού δικτύου Αθηνών είναι έτοιμο και στην Εικόνα 4.11 παρουσιάζεται το αποχετευτικό δίκτυο, όπως αυτό εμφανίζεται στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού SWMM.



Εικόνα 4. 11: Μοντελοποιημένο αποχετευτικό δίκτυο στο λογισμικό SWMM

#### 4.8 Εισαγωγή δεδομένων αποχετευτικού δικτύου στο λογισμικό SWMM

Οι παράμετροι που εισήχθησαν στο λογισμικό αφορούσαν τους αγωγούς, τα φρεάτια και τις υπολεκάνες. Για την εισαγωγή των στοιχείων στο SWMM χρειάστηκε να συμπληρωθούν τα ακόλουθα:

Για κάθε αγωγό οι απαιτούμενες παράμετροι ήταν:

- Το φρεάτιο εισόδου (inlet node) και το φρεάτιο εξόδου (outlet node)
- Το μήκος του αγωγού (L) (πινακίδα Ε.Υ.Δ.Α.Π)
- Το είδος του αγωγού, το οποίο διακρίθηκε είτε σε ωειδές είτε σε κυκλικό (πινακίδα Ε.Υ.Δ.Α.Π). Η πλειοψηφία των αγωγών είχαν σχήμα ωειδές καθώς πρόκειται για παλιό δίκτυο. Σε καινούρια δίκτυα προτιμώνται κυκλικοί αγωγοί, καθώς η κυκλική διατομή από υδραυλικής άποψης είναι η πλέον ευνοϊκή, γιατί η περίμετρος της βρεχόμενης επιφάνειας είναι μικρότερη της αντίστοιχης των άλλων διατομών, οπότε είναι και μικρότερες οι απώλειες τριβών κατά τη μεταφορά των λυμάτων (Ζαφειράκου 2015)
- Ο συντελεστής Manning (n), ο οποίος επιλέχθηκε ίσος με 0,017 για ωειδή διατομή και 0,014 για κυκλική διατομή (Τσιχριντζής 1999)

- Τέλος, η διατομή (D) για κυκλικούς αγωγούς και το μέγιστο βάθος (H) για τους ωειδείς αγωγούς

Οι αγωγοί όπως αναφέρθηκε και προγενέστερα, επειδή δεν ήταν επιτυχής η μετατροπή τους σε αρχείο συμβατό για το SWMM μέσω του InpPINS, ξανασχεδιάστηκαν απ' την αρχή στο SWMM.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των στοιχείων των φρεατίων. Για την ακρίβεια, εισήχθησαν για κάθε φρεάτιο :

- Το Invert elevation ή αλλιώς το υψόμετρο του πυθμένα του φρεατίου (πινακίδα Ε.Υ.Δ.Α.Π)
- Το μέγιστο βάθος, το οποίο είναι η διαφορά του πυθμένα του φρεατίου από το υψόμετρο στέψης φρεατίου (πινακίδα Ε.Υ.Δ.Α.Π)
- Τα inflows των υπολεκανών, τα οποία περιγράφονται στην επόμενη παράγραφο.

Τέλος, έγινε η εισαγωγή των στοιχείων για τις λεκάνες. Αυτά ήταν τα εξής:

- Το εμβαδόν των λεκανών, υπολογίστηκε από το λογισμικό ArcGIS.
- Το πλάτος της επιφανειακής ροής, το οποίο είναι το αποτέλεσμα του λόγου του εμβαδού προς το χερσαίο μήκος επιφανειακής ροής, υπολογίστηκε και αυτό μέσω του ArcGIS.
- Οι κλίσεις κάθε υπολεκάνης, οι οποίες επίσης ήταν οι μέσες κλίσεις κάθε λεκάνης στο ArcGIS.
- Το ποσοστό της αδιαπέρατης επιφάνειας κάθε λεκάνης, το οποίο υπολογίστηκε με τη χρήση του Google Earth, όπου τα εμβαδά δρόμων και κατοικιών προς το εμβαδόν κάθε λεκάνης αντίστοιχα πολλαπλασιασμένο επί 100, έδινε το ποσοστό.
- Ο συντελεστής Manning της αδιαπέρατης επιφάνειας για κάθε υπολεκάνη.
- Ο συντελεστής Manning της διαπερατής επιφάνειας για κάθε υπολεκάνη.
- Η επιφανειακή αποθήκευση σε διαπερατά εδάφη,  $D_{store-Perv}$  (mm), όπως και σε αδιαπέρατα εδάφη,  $D_{store-Imperv}$  (mm).
- Η μέθοδος διήθησης που επιλέχθηκε για όλες τις υπολεκάνες απορροής είναι αυτή της SCS και του αριθμού καμπύλης CN (Τσιχριντζής 1999).

#### 4.9 Εκτίμηση παροχών ξηρού καιρού

Για την εκτίμηση της παροχής χρειάζεται ο προσδιορισμός του πληθυσμού κάθε λεκάνης απορροής, ο οποίος πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των στοιχείων της ΕΛΣΤΑΤ από την απογραφή πληθυσμού το έτος 2011. Όλες οι λεκάνες ανήκουν στο δήμο Αθηναίων και ένα μέρος στο δήμο Γαλασίου. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ από την απογραφή του 2011 τα αποτελέσματα που προέκυψαν αφορούσαν πυκνότητα μόνιμου πληθυσμού ίση με 17042.55 κατοίκους/km<sup>2</sup> για τον δήμο της Αθήνας και 14740.44 κατοίκους/km<sup>2</sup> για το δήμο του Γαλασίου.

Για να εκτιμηθεί η παροχή των ακαθάρτων, σύμφωνα με τον Τσακίρη (2010), η διαδικασία είναι η εξής:

- i. Προσδιορίζεται η μέση ανηγμένη ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ( $q$ ) με τις τιμές αυτές να κυμαίνονται για τις μεσογειακές χώρες ανάμεσα σε 200-300 L/ημέρα/κάτοικο.
- ii. Υπολογίζεται η συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση ( $Q_d$ ) για τον πληθυσμό της περιοχής μελέτης ( $P_v$ ).

$$Q_d = P_v q$$

- iii. Υπολογίζεται η συνολική μέγιστη ωριαία κατανάλωση ( $Q_h^{max}$ ).

$$Q_h^{max} = F_1 F_2 Q_d$$

όπου ο πολλαπλασιαστής  $F_{ολ}=F_1F_2$  από 3 μέχρι 9, ενώ η συνήθης τιμή για τις Ελληνικές πρακτικές επιλέγεται να είναι  $F_1F_2=4-6$ . Οι πολλαπλασιαστές ζήτησης εξαρτώνται από το μέγεθος του πληθυσμού, τιμές του δίνονται από τον Τσακίρη (2010).

- iv. Υπολογίζεται η συνολική μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων ( $QA_h^{max}$ ) ως ποσοστό της μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης ( $Q_h^{max}$ ) με συντελεστή  $\mu$  από 60 έως 80%.

$$QA_h^{max} = \mu Q_h^{max}$$

Σύμφωνα με τους Κουτσογιάννη (1999) και Τσακίρη (2010), για τις Ελληνικές προδιαγραφές η μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων ( $QA_h^{max}$ ) υπολογίζεται από τη μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων ( $QA_d^{max}$ ) πολλαπλασιασμένη με έναν συντελεστή  $P$  ο οποίος είναι συνάρτηση της μέγιστης ημερήσιας παροχής ακαθάρτων:

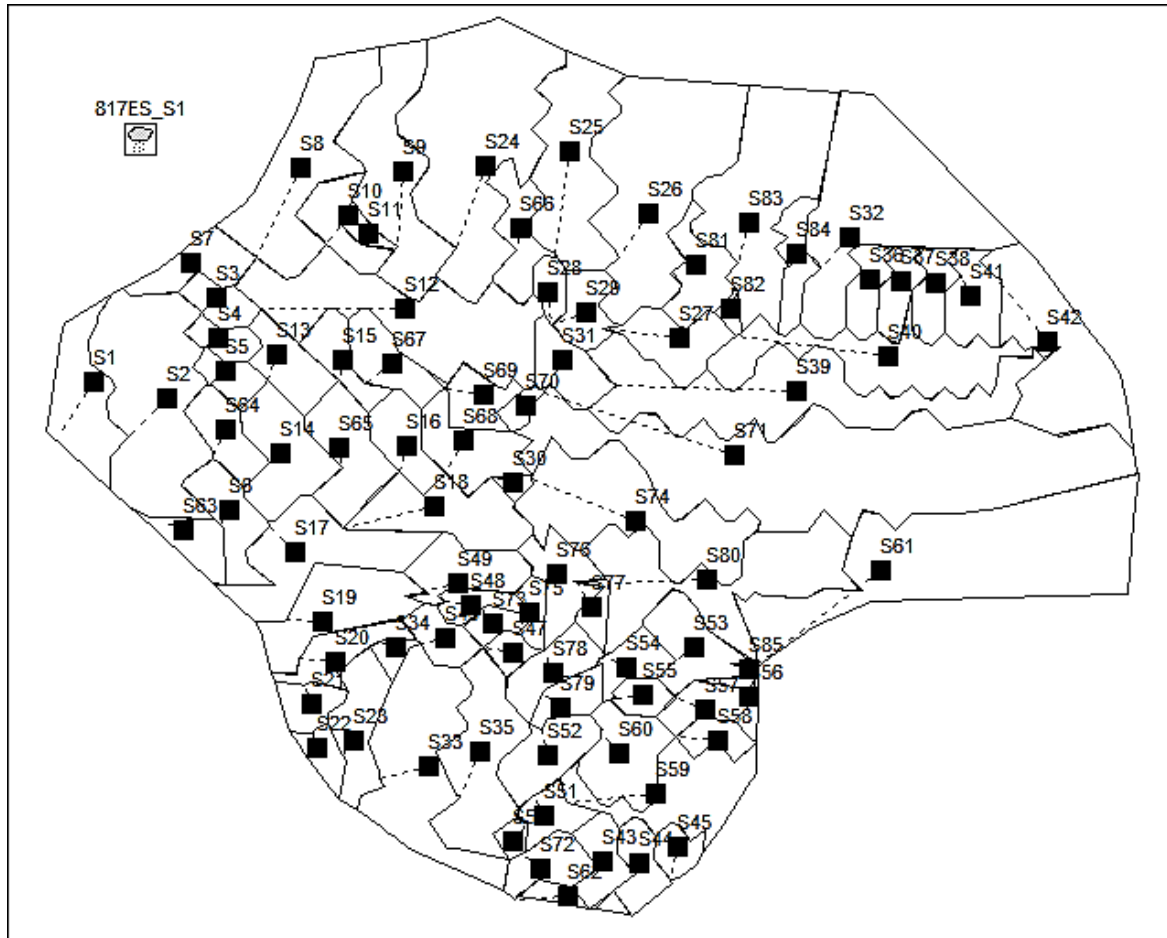
$$i. \quad QA_h^{max} = PQA_d^{max}$$

$$ii. \quad P = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{QA_d^{max}}} \leq 3$$

Έχοντας λάβει υπόψη τα προαναφερθέντα, υπολογίστηκε η έκταση κάθε υπολεκάνης, προσδιορίστηκε ο πληθυσμός μέσω της πυκνότητας και τελικά οι παροχές αποχέτευσης ακαθάρτων. Με την εντολή Inflows->Dry Weather η παροχή των ακαθάρτων εισήχθη στο μοντέλο στους κόμβους του δικτύου. Η μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων για κάθε λεκάνη απορροής που εισήχθη στο μοντέλο παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. και οι υπολεκάνες με την ονομασία τους απεικονίζονται στην Εικόνα 4.12.

Πίνακας 4.1: Μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων υπολεκανών

NAME	Qahmax(L/s)	NAME	Qahmax(L/s)	NAME	Qahmax(L/s)	NAME	Qahmax(L/s)
1	3.164427839	22	1.289270398	43	1.805615468	64	2.082635664
2	6.062331022	23	2.580619996	44	1.764628446	65	2.953658144
3	1.585336667	24	7.636595707	45	1.323086312	66	2.277379225
4	1.371974854	25	4.656079236	46	1.649318097	67	2.20888729
5	1.446809131	26	6.860249976	47	1.121512584	68	2.610357649
6	2.375106407	27	2.453755445	48	1.396238974	69	1.81503919
7	2.128398918	28	1.24524724	49	2.459053617	70	0.934219241
8	5.01111376	29	1.861098949	50	0.843578949	71	10.82704353
9	4.703945374	30	0.708313768	51	1.613170612	72	1.131788758
10	2.091567474	31	2.100670176	52	2.446832926	73	1.131788758
11	0.930217254	32	6.80912086	53	2.545736986	74	5.315218488
12	6.019469963	33	5.186706417	54	1.640378231	75	1.09691515
13	2.18098497	34	0.912621228	55	1.289505515	76	2.330473059
14	3.115414881	35	4.054344639	56	0.921443019	77	1.110858365
15	1.829518289	36	1.746957009	57	1.73999483	78	2.099715573
16	2.120634562	37	1.660654974	58	1.376017148	79	1.556461428
17	4.011949269	38	1.743825679	59	3.524124819	80	5.386261109
18	3.414118944	39	6.637409008	60	2.891110426	81	2.305393118
19	3.483900486	40	4.486907989	61	8.545632348	82	0.714460339
20	2.012905126	41	2.219631196	62	1.093074737	83	5.822798811
21	1.566860533	42	3.853269208	63	1.758176718	84	1.889139949
						85	0.280608961



Εικόνα 4. 12: Ονομασίες λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης

#### 4.10 Δημιουργία σεναρίων

Για την δημιουργία των σεναρίων, τα δεδομένα εισόδου (βροχοπτώσεις) στο SWMM, αντλήθηκαν από την εφαρμογή DEAR-Clima (<http://meteo3.geo.auth.gr:3838/>). Η Εφαρμογή Εξαγωγής Δεδομένων για τα Περιοχικά Κλίματα (DEAR-Clima) είναι μια διαδραστική εφαρμογή φιλική προς τον χρήστη που οπτικοποιεί και παρέχει χρονοσειρές βασικών κλιματικών μεταβλητών και κλιματικών δεικτών.

Η αξιόπιστη και φιλική προς το χρήστη «ελεύθερη» πρόσβαση των μελλοντικών δεδομένων σχετικά με την κλιματική αλλαγή είναι απαραίτητη για τη στήριξη των υπευθύνων λήψης αποφάσεων, των ενδιαφερόμενων, των ενδιάμεσων και των τελικών χρηστών όσον αφορά τις επιπτώσεις, τον μετριασμό και την προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος. Τα δεδομένα των Περιοχικών Κλιματικών Μοντέλων (Regional Climate Model-RCM) που υποβάλλονται σε επεξεργασία στη συγκεκριμένη διαδικτυακή εφαρμογή έχουν υψηλή χωρική ανάλυση (0.11ο) στον ευρωπαϊκό τομέα και καλύπτουν μια χρονική περίοδο από το 1950 έως το 2100.



Η ιστορική περίοδος κάθε πειράματος αφορά την περίοδο 1950-2004, ενώ η μελλοντική περίοδος την περίοδο 2006-2100 υπό την επίδραση τριών Αντιπροσωπευτικών Διαδρομών Συγκέντρωσης (RCP) που εγκρίθηκαν από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Τα πειράματα προσομοίωσης είναι ένα προϊόν διαφόρων RCM που κατευθύνεται από αρκετά Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα (GCM).

Για να κατέβουν τα απαραίτητα δεδομένα, μετά την εισαγωγή στην διεύθυνση <http://meteo3.geo.auth.gr:3838/> και στην επιλογή application, στην χρονική επιλογή και στην επιλογή μεταβλητής επιλέχθηκε ημερήσιο βήμα και βροχόπτωση αντίστοιχα. Μετά από αυτό επιλέχθηκε το περιοχικό (RCM) και το αντίστοιχο παγκόσμιο (GCM) και επιλέχθηκαν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί. Τέλος, απαιτείται η εισαγωγή συντεταγμένων, στις οποίες εισήχθη το κέντρο της περιοχής μελέτης, δηλαδή  $x=476628.98$  και  $y=4206585.98$ .

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα κλιματικά μοντέλα, στην πρώτη στήλη βρίσκονται τα περιοχικά (RCM) και στην δεύτερη τα παγκόσμια (GCM). Ο συνδυασμός του κάθε περιοχικού, με τα αντίστοιχα GCM που βρίσκονται στην ίδια γραμμή, δίνει ένα μοντέλο. Κάθε μοντέλο έδινε μια χρονοσειρά, η οποία είχε 3 ή 4 σενάρια. Το ένα ήταν πάντα το ιστορικό σενάριο με περίοδο που επιλέχθηκε για την εργασία από το 1976-2005 και τα υπόλοιπα σενάρια ήταν τα μελλοντικά με περίοδο που επιλέχθηκε 2021-2050. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν 32 σενάρια.

Πίνακας 4.2: Περιοχικά και παγκόσμια μοντέλα

	<b>RCM (REGIONAL CLIMATE MODEL)</b>	<b>GCM (GLOBAL CLIMATE MODEL)</b>
1	CLMcom-CCLM4-8-17	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5
2	CLMcom-CCLM4-8-17	MOHC-HadGEM2-ES
3	CLMcom-CCLM4-8-17	MPI-M-MPI-ESM-LR
4	CNRM-ALADIN53	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5
5	SMHI-RCA4	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5
6	SMHI-RCA4	IPSL-IPSL-CM5A-MR
7	SMHI-RCA4	MOHC-HadGEM2-ES
8	KNMI-RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH
9	IPSL-INERIS-WRF331F	IPSL-IPSL-CM5A-MR
10	MPI-CSC-REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR

Ωστόσο στα δεδομένα βροχόπτωσης που ελήφθησαν από την εφαρμογή υπήρξαν κάποια προβλήματα. Για αυτό τον λόγο γράφτηκε κώδικας (Εικόνα 4.12), με τον οποίο ελέγχονταν τα δεδομένα και αν έλειπε κάποια μέρα συμπληρωνόταν με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής. Αρχικά λοιπόν στους συνδυασμούς 2,7 όπου υπάρχει το παγκόσμιο μοντέλο MOHC-HadGEM2-ES σημειώθηκαν ημερομηνίες, οι οποίες ήταν ελλιπείς. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, όσες ημερομηνίες είχαν αυτό το θέμα, όπως προαναφέρθηκε συμπληρώθηκαν με τη χρήση της γραμμικής παρεμβολής.

```

package exceltry;

import org.apache.poi.hssf.usermodel.*;
import org.apache.poi.poifs.filesystem.POIFSFileSystem;
import java.io.FileInputStream;
import java.text.DateFormat;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Date;

public class Excelclass {
    public static final String file = "C:/Users/kostas/Desktop/ex.xls"; //ΔΙΑΒΑΖΕΙ ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ PATH ΤΟΥ ΣΤΟ PC

    public static void main(String[] args) {

        try {
            String pattern = "MM/dd/yyyy";
            DateFormat df = new SimpleDateFormat(pattern);
            POIFSFileSystem fs = new POIFSFileSystem(new FileInputStream(file)); //ΑΝΟΙΓΕΙ ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΡΑΤΗ ΠΟΥ ΔΩΣΑΜΕ ΠΙΟ ΠΑΝΩ
            HSSFWorkbook wb = new HSSFWorkbook(fs);
            HSSFSheet sheet = wb.getSheetAt(0);
            HSSFRow row;
            HSSFCell cell;
            int j=1;
            int rows; // No of rows
            int dus=0;
            rows = sheet.getPhysicalNumberOfRows();

            int cols = 0; // No of columns
            int tmp = 0;
            for (int i = 0; i < 10 || i < rows; i++) { //ΒΡΙΣΚΟΥΜΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΓΡΑΜΜΩΝ
                row = sheet.getRow(i);
                if (row != null) {
                    tmp = sheet.getRow(i).getPhysicalNumberOfCells();
                    if (tmp > cols) cols = tmp;
                }
            }
            for (int r = 0; r < rows; r++) { //"ΤΡΕΧΟΥΜΕ ΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΓΡΑΜΜΗ ..ΑΛΛΑ ΕΛΕΝΧΟΥΜΕ ΜΟΝΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΤΗΛΗ"
                if((r==0)|| (r==rows-1)){continue;}
                row = sheet.getRow(r);
            }
        }
    }
}

```

Εικόνα 4. 13: Κώδικας ελέγχου των δεδομένων

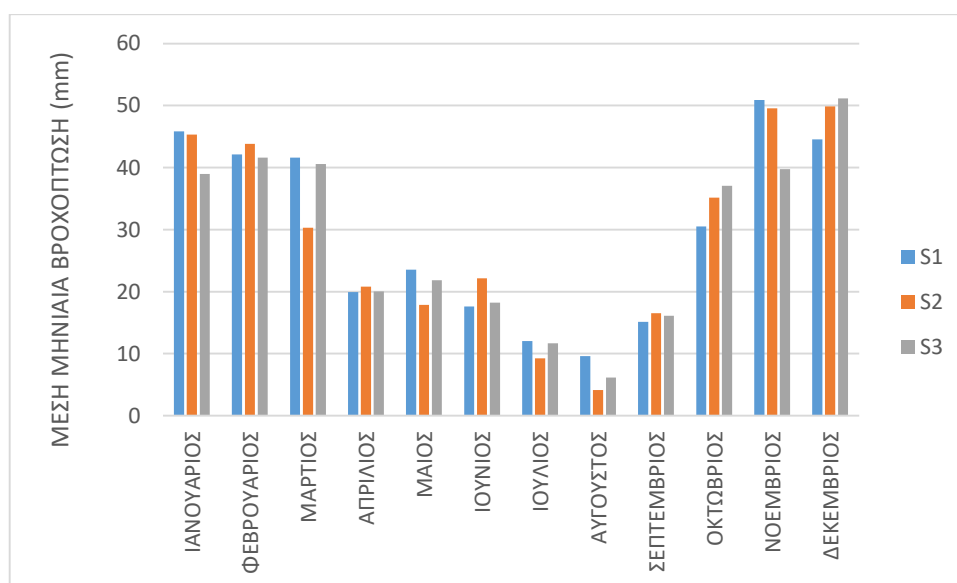
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά, για τη σύγκριση των σεναρίων κάθε μοντέλου υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις και η μέση ετήσια για κάθε σενάριο και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα ιστογράμματα και τα διαγράμματα διασποράς. Επίσης, έγινε χρήση των μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων από την Ε.Μ.Υ και συγκεκριμένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας, καθώς ήταν ο πιο κοντινός στην περιοχή μελέτης, με σκοπό την σχετική αξιολόγηση της αξιοπιστίας των μοντέλων μέσω κυρίως της σύγκρισης των παρατηρήσεων της Ε.Μ.Υ με το εκάστοτε ιστορικό σενάριο του εκάστοτε μοντέλου. Στη συνέχεια, για την εξαγωγή συμπερασμάτων δημιουργήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων από το SWMM τα παρακάτω διαγράμματα:

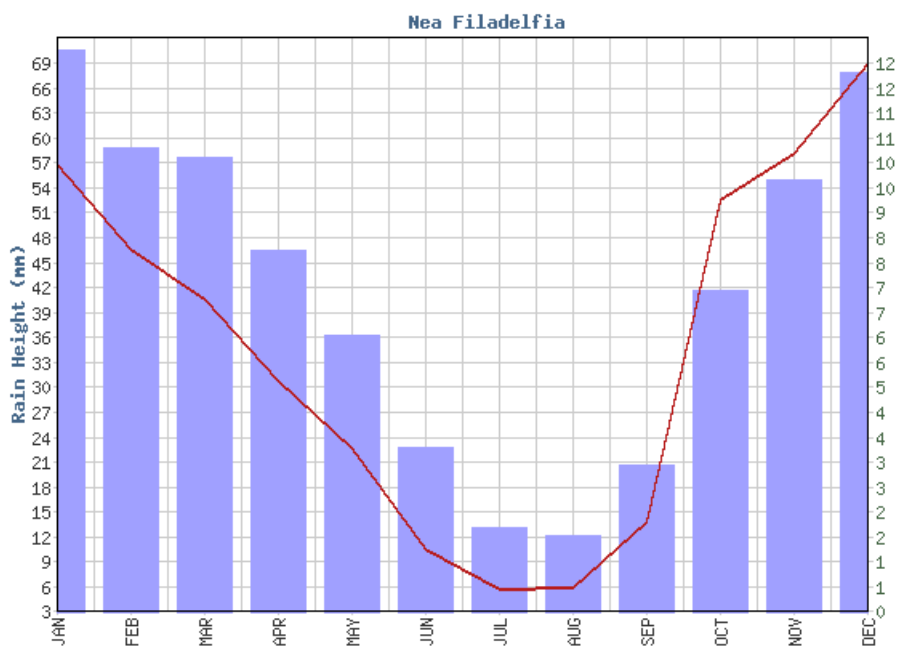
- Διαγράμματα διασποράς των σεναρίων (διαγράμματα σύγκρισης) κάθε μοντέλου για την παροχή του αγωγού 99, ο οποίος βρίσκεται λίγο πριν την εξόδο της λεκάνης
- Διαγράμματα απορροής της υπολεκάνης 2 και 71. Η υπολεκάνη 2 παρουσίαζε την μεγαλύτερη απορροή στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για αυτό και επιλέχθηκε.
- Διαγράμματα στάθμης φρεατίων. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν το φρεάτιο 108, το οποίο βρίσκεται πριν το φρεάτιο outlet της λεκάνης και τυχαία επιλέχθηκαν τα φρεάτια 11 και 56, τα οποία βρίσκονται διάσπαρτα στην περιοχή μελέτης ώστε κατά κάποιο τρόπο να καλύπτεται όλη η περιοχή από δείγμα.
- Διαγράμματα παροχής αγωγών. Αναλυτικά, επιλέχθηκαν οι αγωγοί 99, , ο αγωγός 76 και ο αγωγός 8 έτσι ώστε να καλύπτεται όλη η λεκάνη

## 5.1 Μοντέλο CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η δημιουργία ενός ιστογράμματος όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1, στο οποίο παρατίθενται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5). Επίσης, στην εικόνα 5.2 παρατίθεται το αντίστοιχο ιστόγραμμα μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων πραγματικών παρατηρήσεων της Ε.Μ.Υ, και παράλληλα στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι τιμές όλων των παραπάνω, με σκοπό την λεπτομερή σύγκριση ανά μήνα των σεναρίων.



Εικόνα 5. 1: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις για όλα τα σενάρια του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Εικόνα 5. 2: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις της Ε.Μ.Υ από τον μετεωρολογικό σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας Αττικής

Πηγή: Ιστότοπος: [http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology\\_city](http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology_city)

Πίνακας 5.1: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	E.M.Y
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	45,84	45,33	38,96	56,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	42,14	43,82	41,59	46,7
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,60	30,29	40,59	40,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	19,90	20,78	20,05	30,8
ΜΑΙΟΣ	23,52	17,87	21,84	22,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	17,58	22,16	18,23	10,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	12,04	9,22	11,69	5,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	9,58	4,11	6,15	6,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15,13	16,53	16,11	13,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	30,50	35,16	37,05	52,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	50,90	49,56	39,73	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	44,58	49,87	51,14	69,1
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	353,31	344,70	343,14	414,1

Αρχικά, συγκρίνοντας τα σενάρια του μοντέλου με τα δεδομένα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις της Ε.Μ.Υ κατά τους χειμερινούς μήνες είναι μεγαλύτερες, ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και το Σεπτέμβριο οι βροχοπτώσεις και των τριών σεναρίων είναι μεγαλύτερες από αυτές της Ε.Μ.Υ.

Πιο συγκεκριμένα, μεγάλες διαφορές σημειώνονται κατά τον Απρίλιο και το Νοέμβριο, όπου η βροχόπτωση της Ε.Μ.Υ είναι περίπου κατά 10 mm μεγαλύτερη και τον Οκτώβριο, όπου η διαφορά κυμαίνεται από 22 mm σε σχέση με το ιστορικό σενάριο μέχρι 15 mm σε σχέση με το RCP8.5. Επιπλέον, το Δεκέμβριο σημειώνονται μεγάλες διαφορές καθώς το ιστορικό σενάριο δίνει μέση μηνιαία βροχόπτωση κατά 25 mm μικρότερη από αυτή της Ε.Μ.Υ και τα μελλοντικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 παρουσιάζουν διαφορά 20 mm και 18 mm αντίστοιχα.

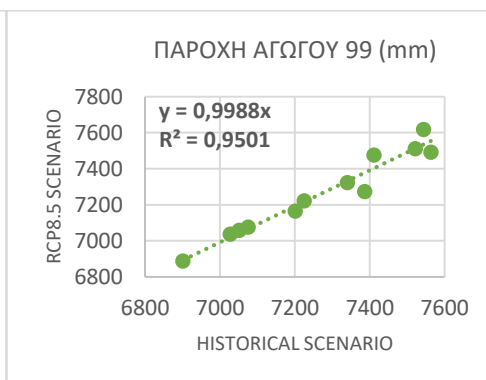
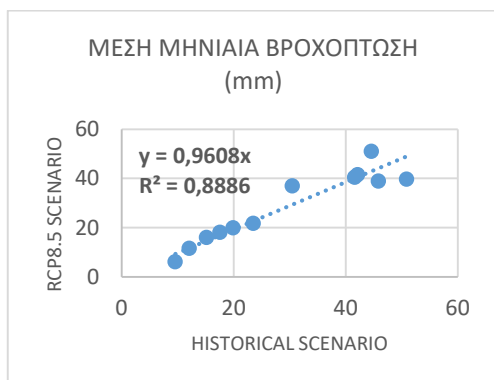
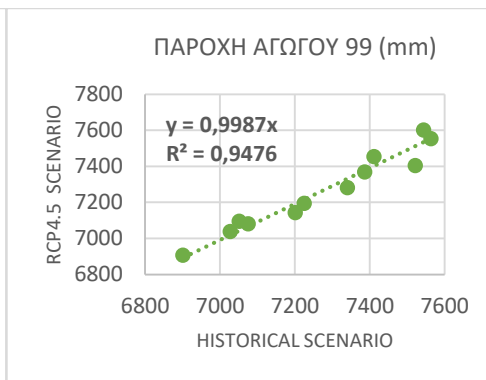
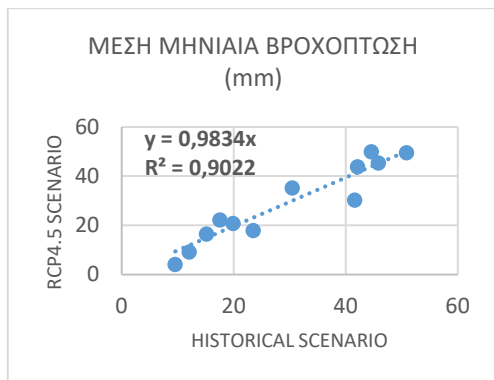
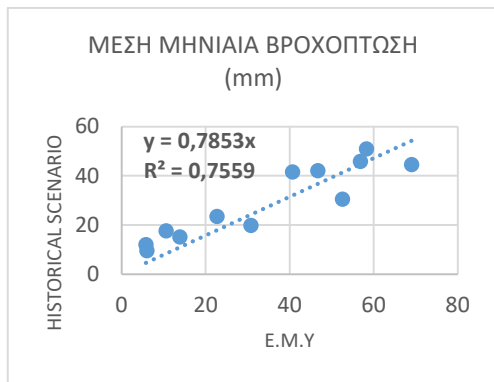
Τέλος, τον Ιούνιο τα σενάρια παρουσιάζουν βροχόπτωση αρκετά υψηλότερη από αυτή της Ε.Μ.Υ. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη διαφορά συναντάται στο RCP4.5 σε σχέση με της Ε.Μ.Υ και είναι 12 mm.

Στη συνέχεια, συγκρίνοντας τα σενάρια του μοντέλου μεταξύ τους, μεγάλη διαφορά παρατηρείται τον Μάρτιο, όπου το RCP4.5 έχει κατά 10 mm χαμηλότερο ύψος βροχής απ' το ιστορικό σενάριο και το RCP8.5. Επιπλέον, τον Αύγουστο συναντάται βροχή στο ιστορικό σενάριο κατα περίπου 4 mm μεγαλύτερη από αυτή του RCP4.5 και του RCP8.5. Τέλος, τον Νοέμβριο τα τρία σενάρια μεταξύ τους παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά καθώς το ιστορικό σενάριο έχει κατά 10 mm μεγαλύτερο ύψος βροχής από το RCP4.5 και κατά 20 mm μεγαλύτερο από το RCP8.5.

Ωστόσο, μια γενικευμένη σύγκριση των σεναρίων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί από τα ιστογράμματα, για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα διασποράς, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Με την βοήθεια των γραμμικών συσχετίσεων προέκυψε το συμπέρασμα :

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις: RCP8.5 < RCP4.5 < historical < Ε.Μ.Υ**

**Μέση μηνιαία παροχή του αγωγού 99: RCP4.5 < RCP8.5 < historical**

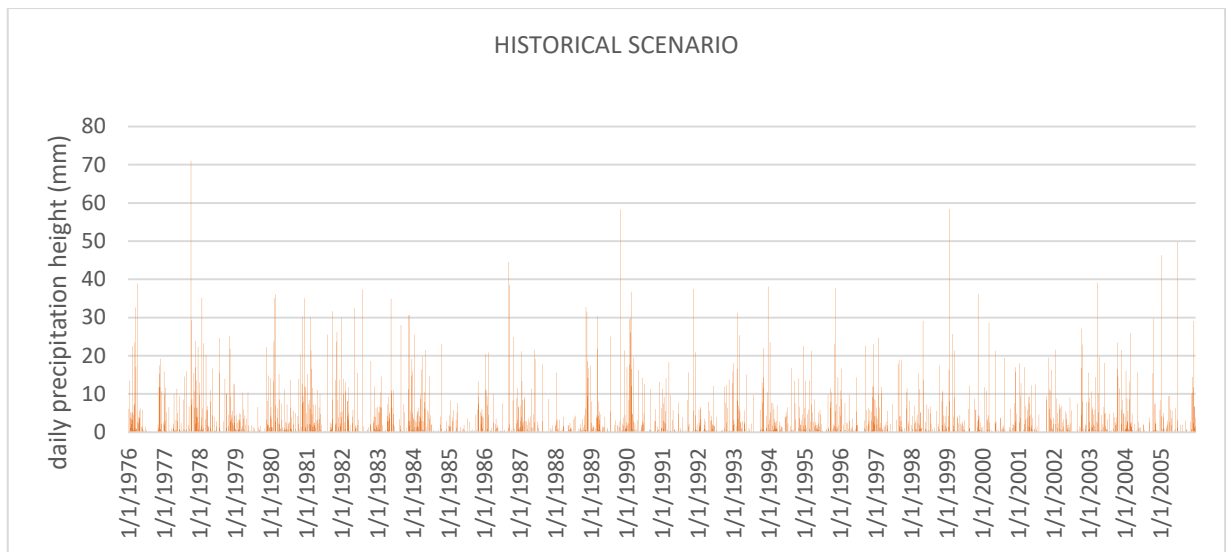


Εικόνα 5. 3: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

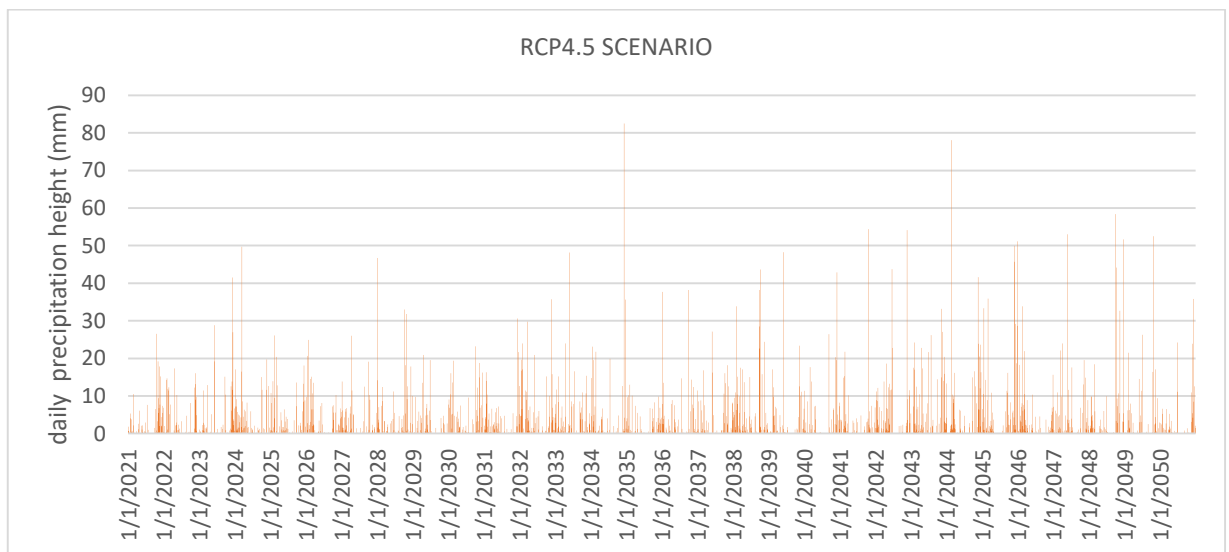
Ενδεικτικά, παρατίθενται παρακάτω τα διαγράμματα ημερησίων βροχοπτώσεων που προέκυψαν από τις χρονοσειρές βροχής, καθώς επίσης και η απορροή της υπολεκάνης 2, η στάθμη δυο φρεατίων και οι παροχές τριών αγωγών που εξήχθησαν από το λογισμικό SWMM. Τα παρακάτω διαγράμματα με ημερήσιο βήμα, ίσως δεν είναι ευανάγνωστα αλλά σκοπό έχουν να παρουσιάσουν και να αποδείξουν μελλοντικά ακραία φαινόμενα μικρής διάρκειας (ακραία βροχόπτωση) που υποστηρίζονται από τα κλιματικά μοντέλα.



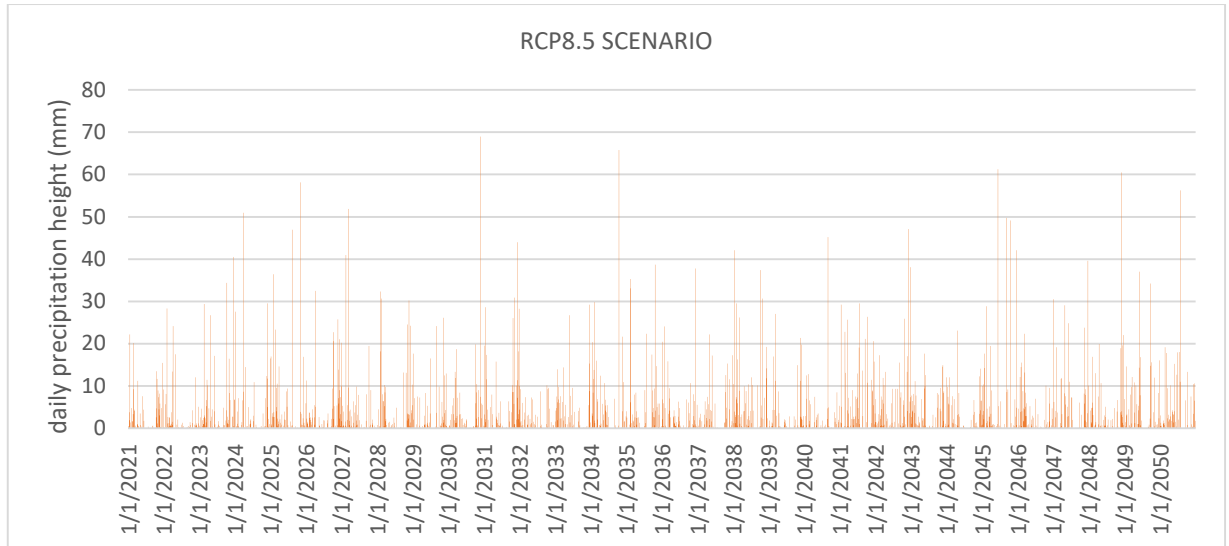
## ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ



Εικόνα 5. 4: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



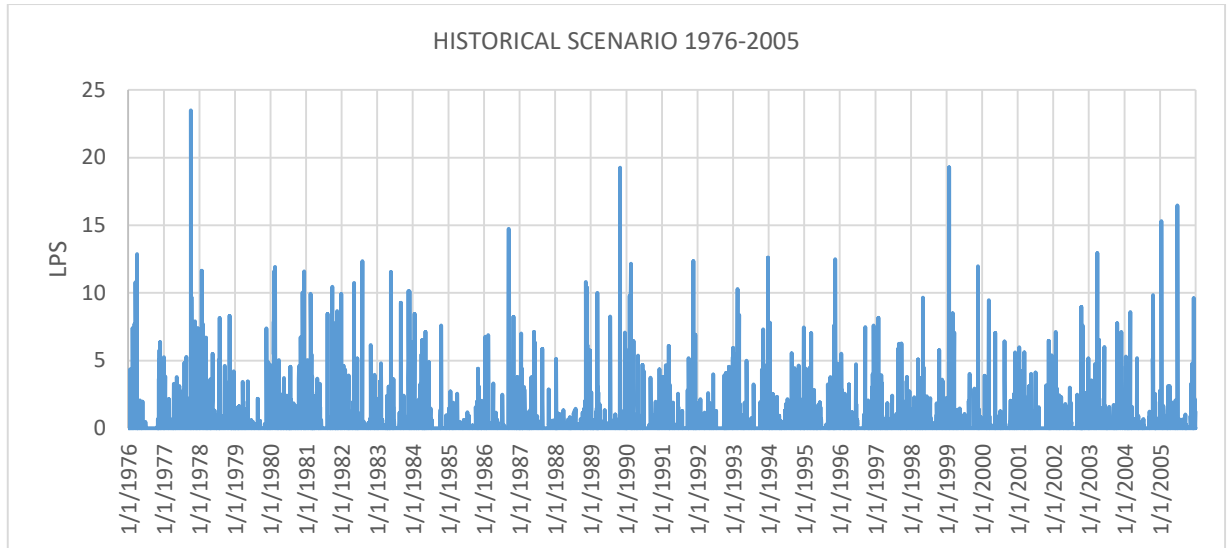
Εικόνα 5. 5: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



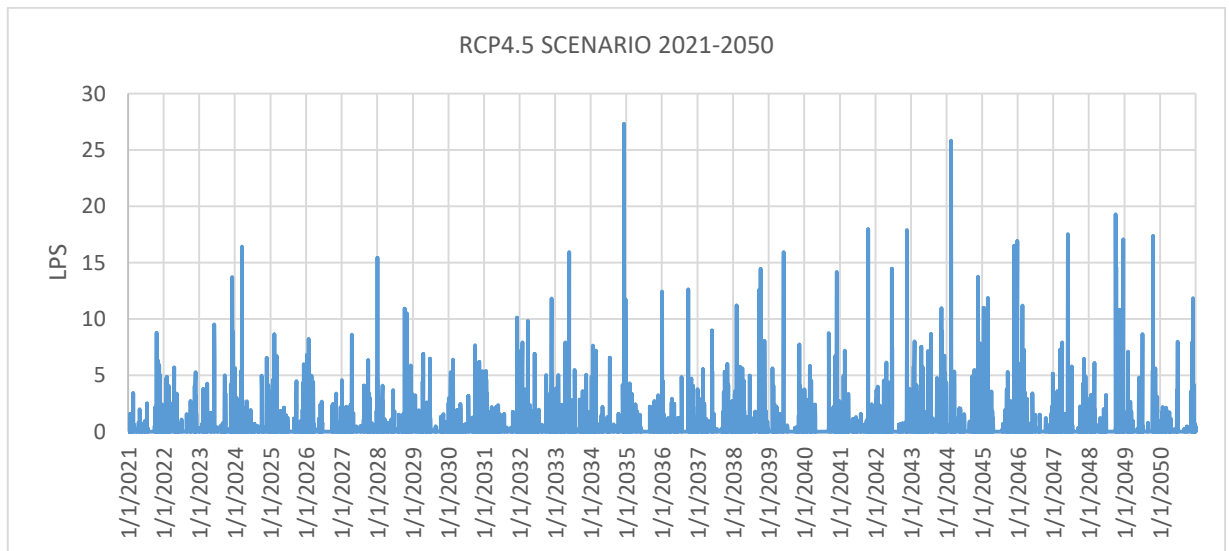
Εικόνα 5. 6: Ημερήσιες βροχοπτώσεις για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Συγκρίνοντας τις ημερήσιες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων σε περίοδο 30 ετών η υψηλότερη βροχόπτωση σημειώνεται στο δεύτερο σενάριο κατά το έτος 2035.

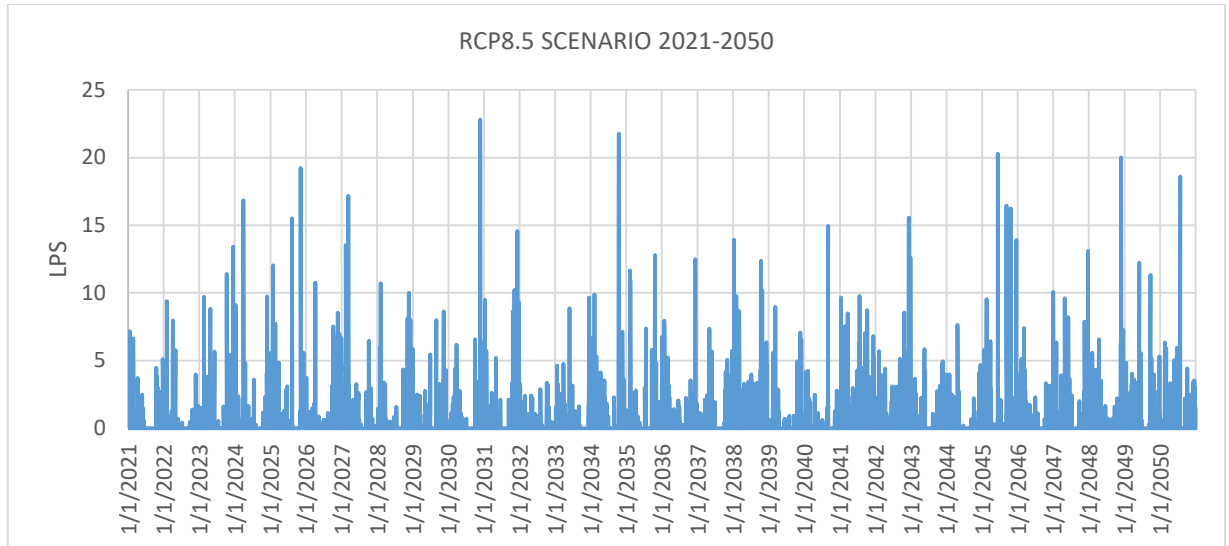
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ S2



Εικόνα 5. 7: Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

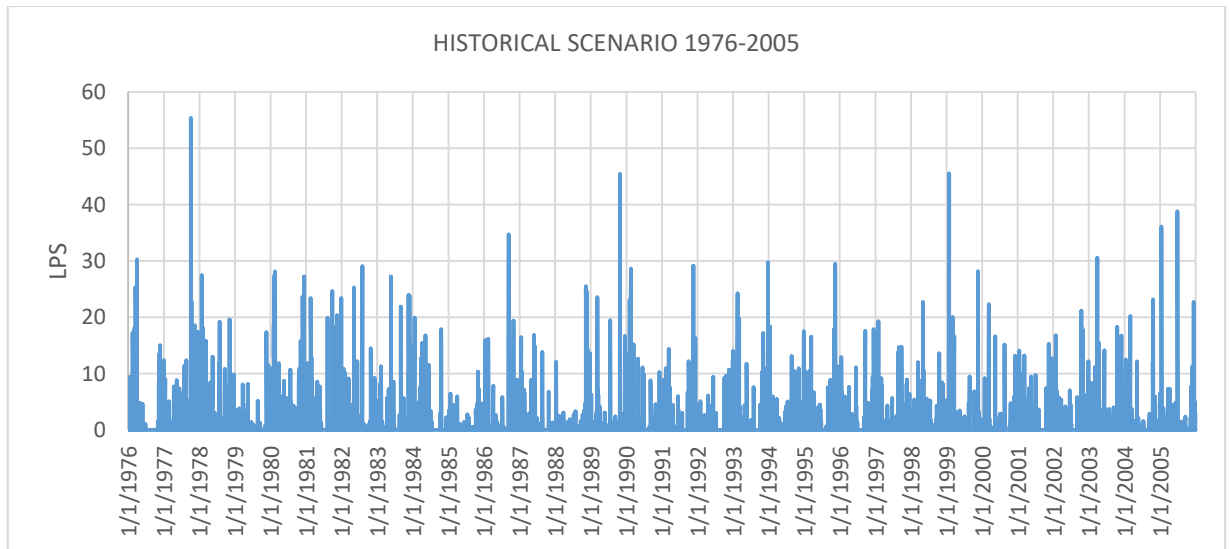


Εικόνα 5. 8: Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

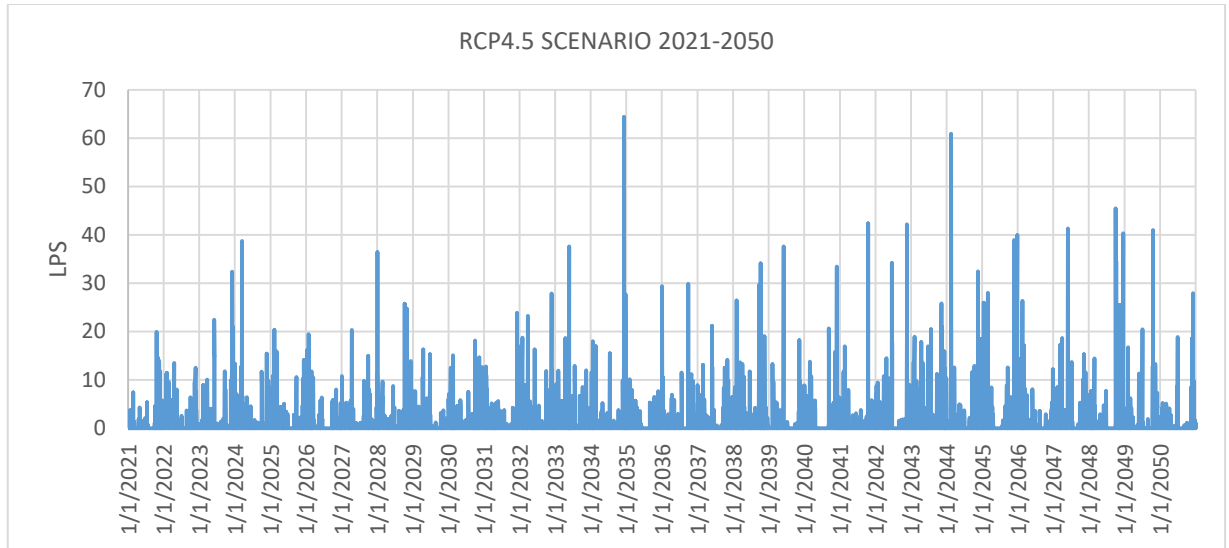


Εικόνα 5. 9: Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

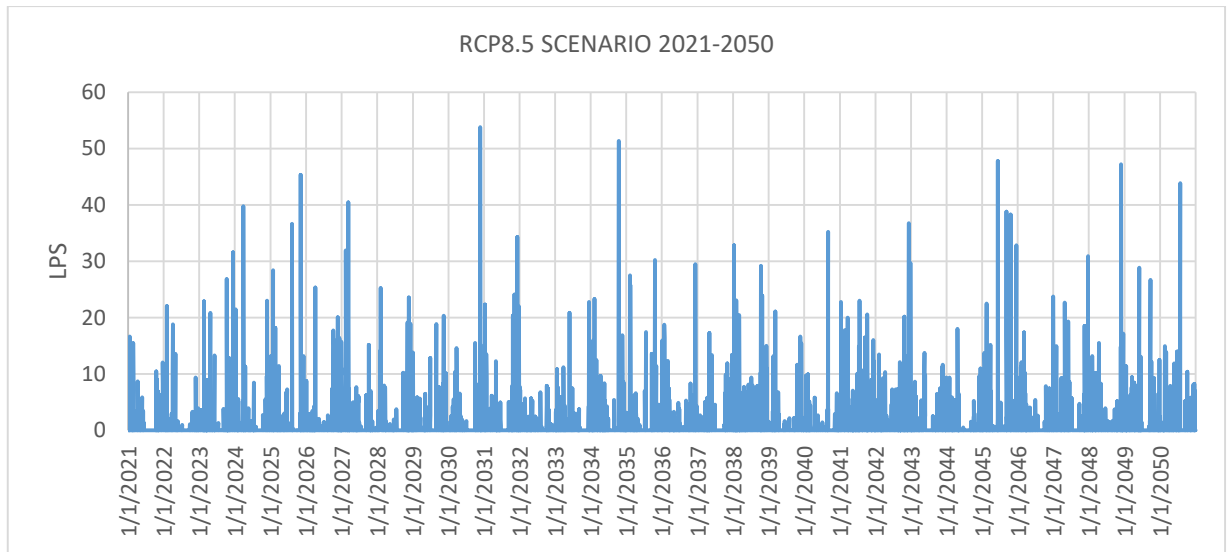
### ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ 71



Εικόνα 5. 10: Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

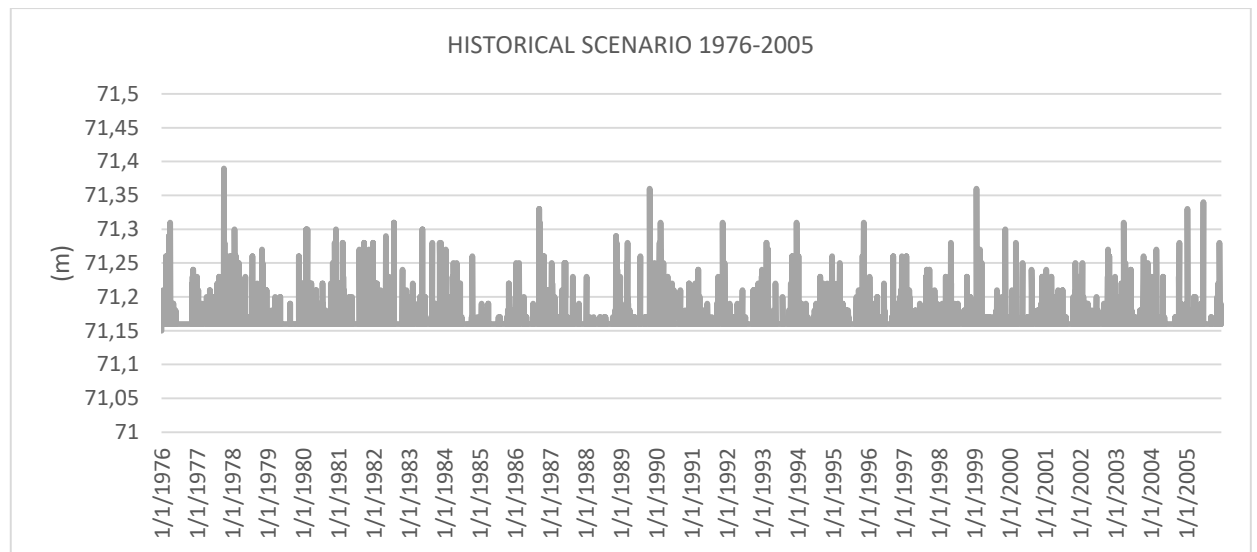


Εικόνα 5. 11: Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

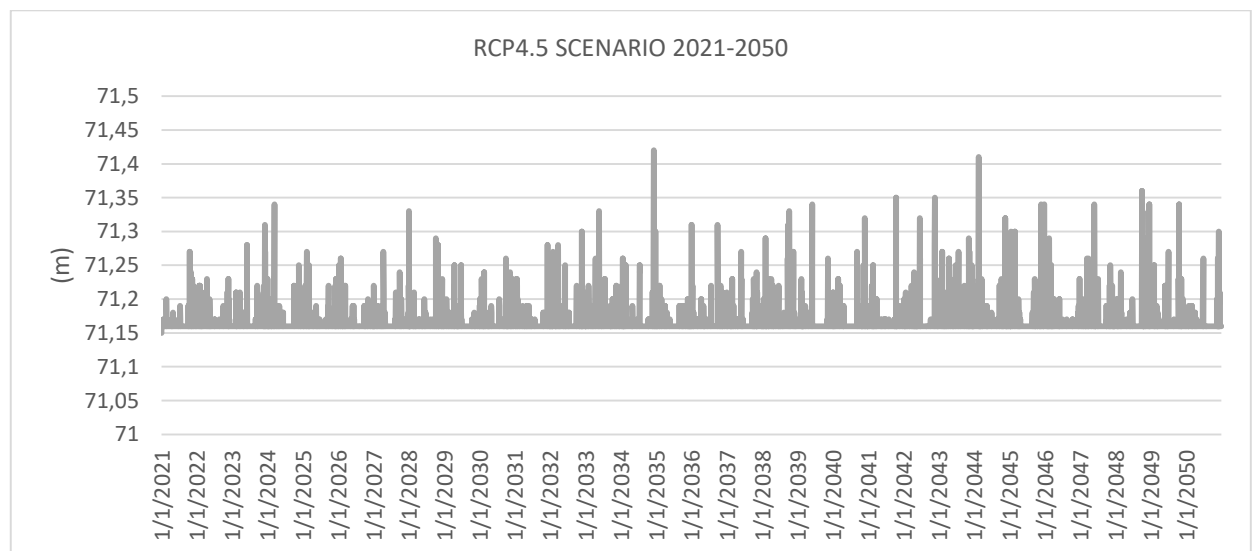


Εικόνα 5. 12: Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

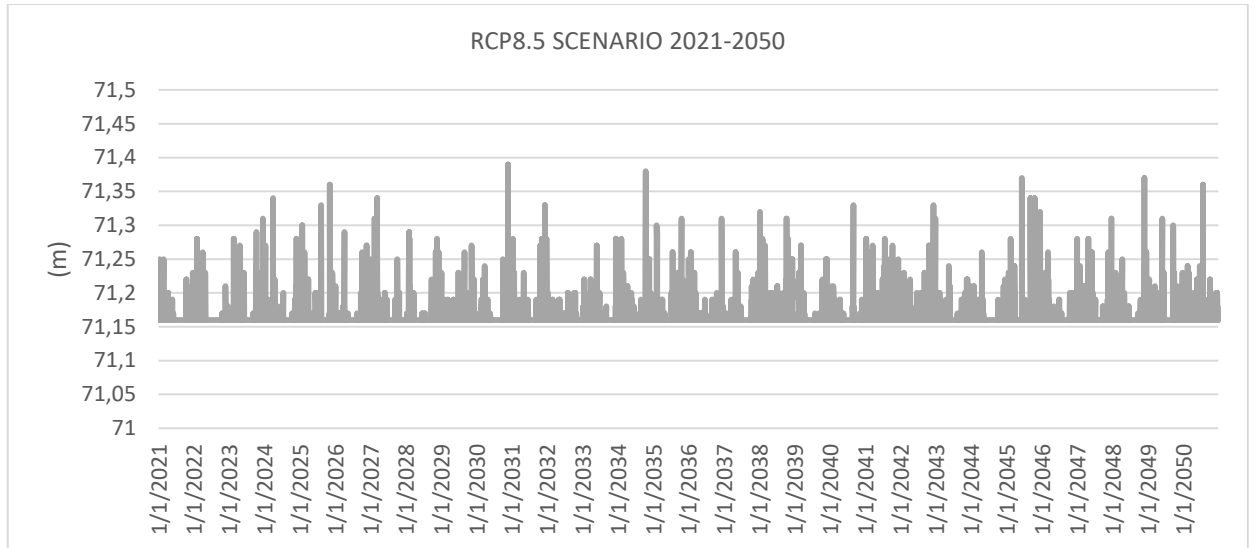
### ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ 108 (ΠΡΙΝ ΤΟ ΦΡΕΑΤΙΟ OUTLET)



Εικόνα 5. 13: Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

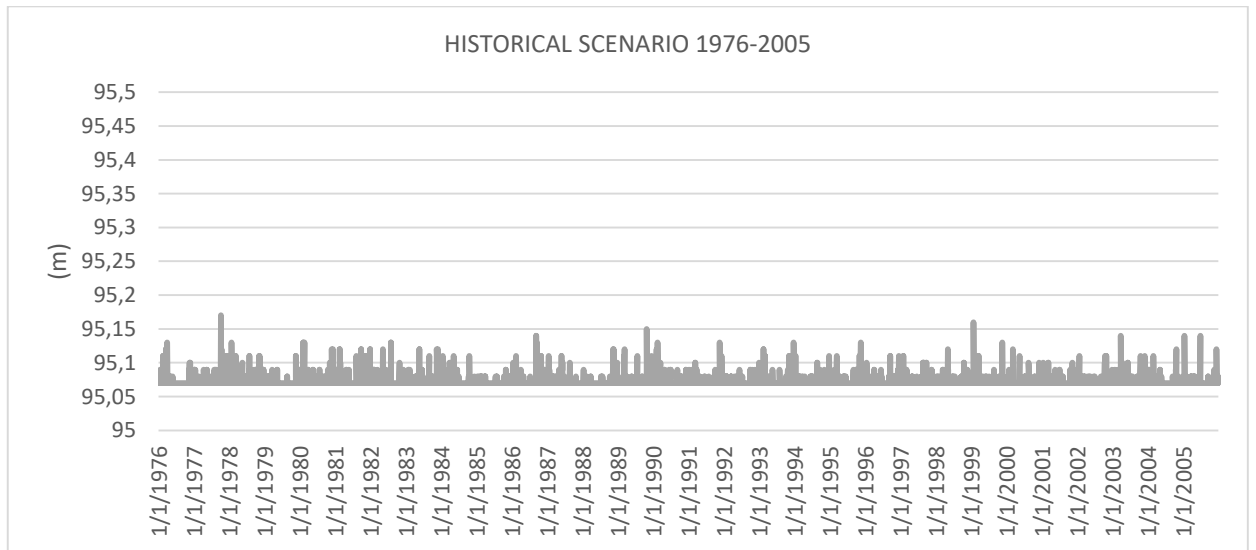


Εικόνα 5. 14: Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

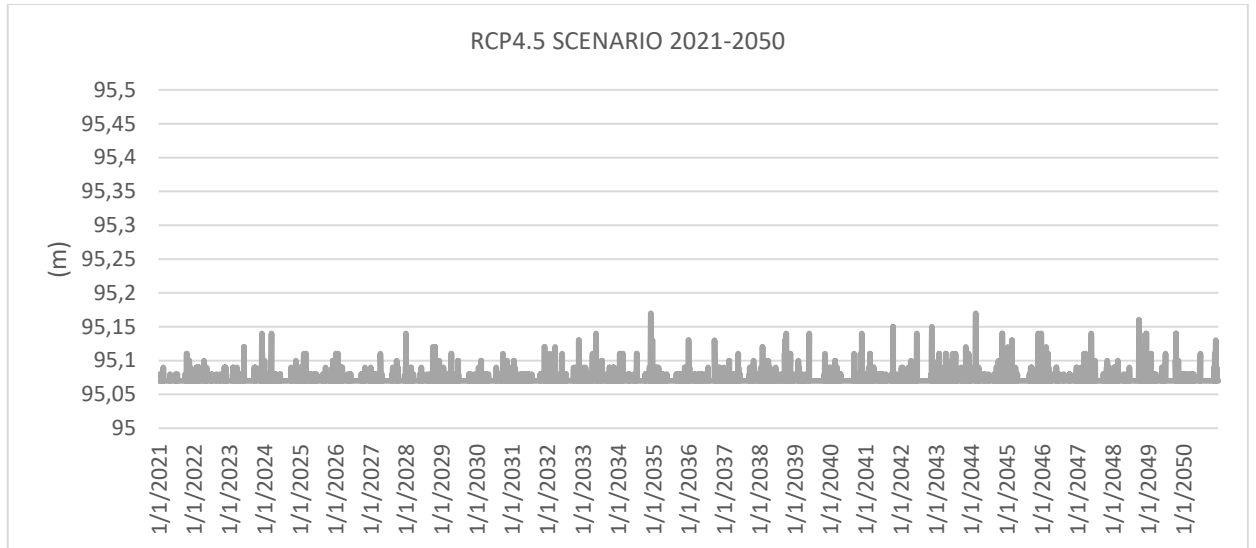


Εικόνα 5. 15: Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

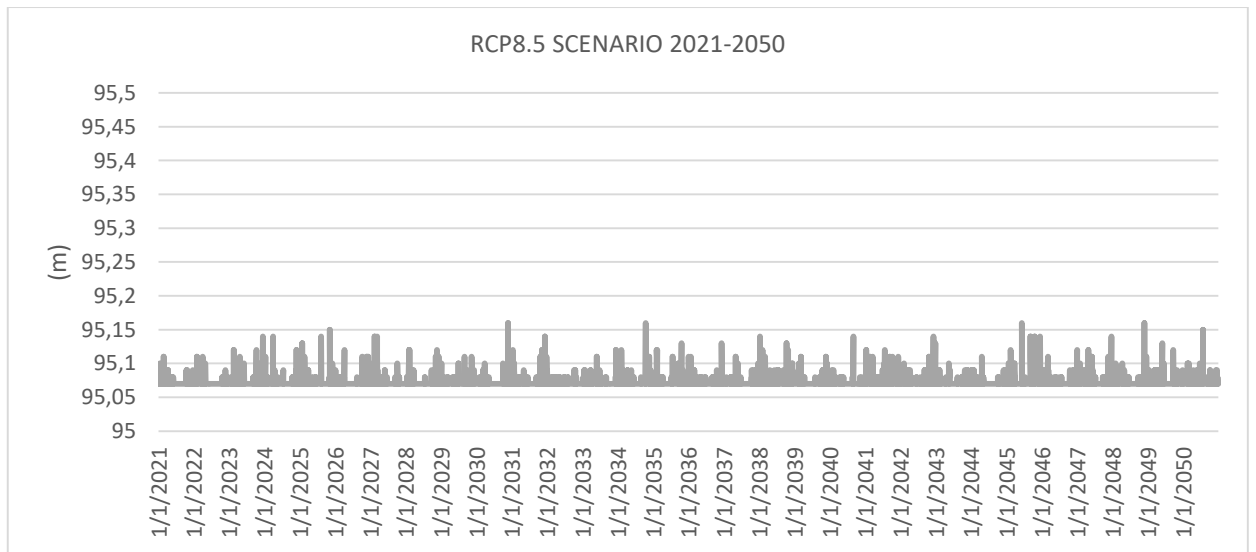
### ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ 11



Εικόνα 5. 16: Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



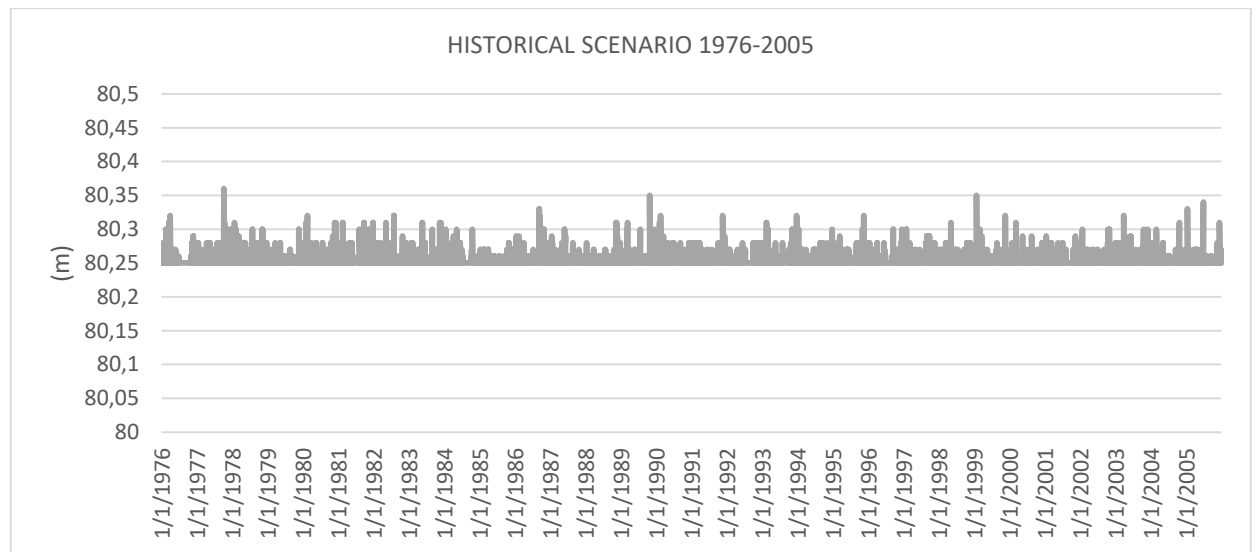
Εικόνα 5. 17: Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



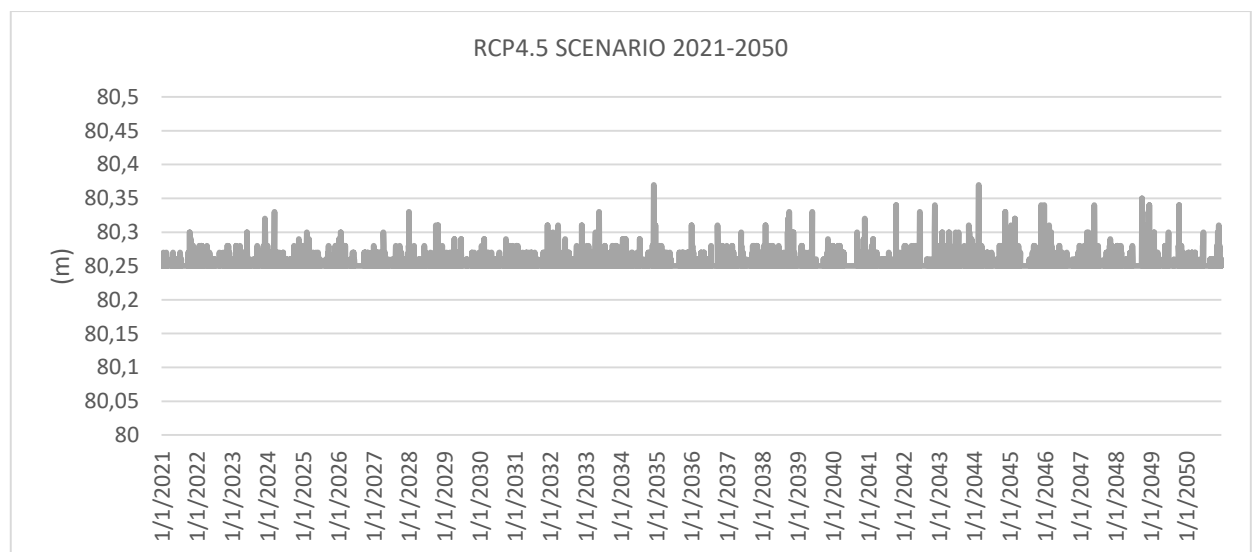
Εικόνα 5. 18: Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



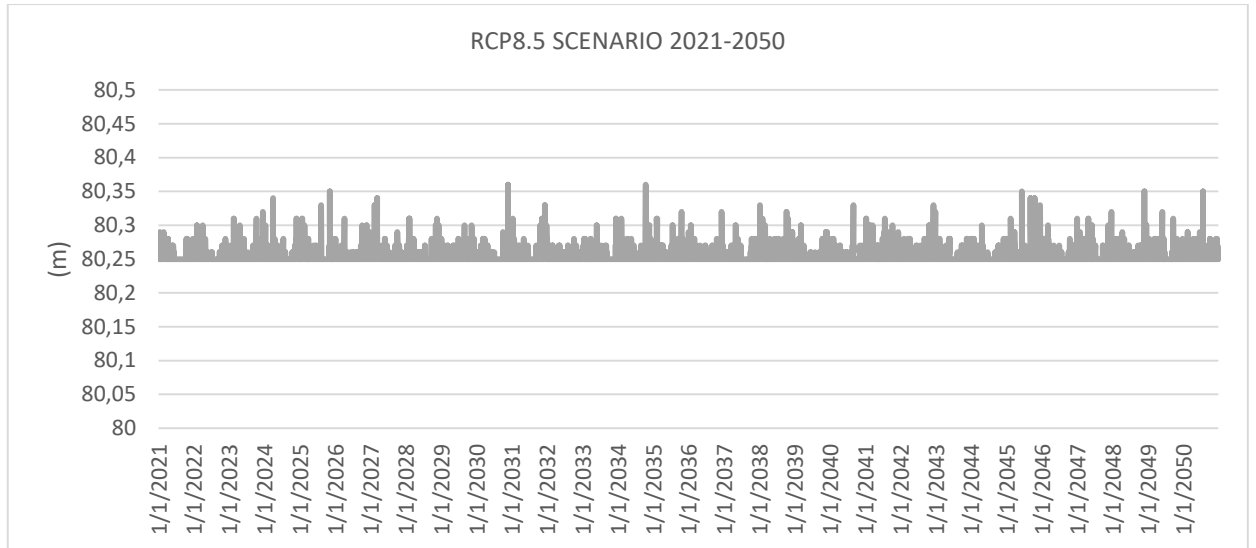
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ 56



Εικόνα 5. 19: Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

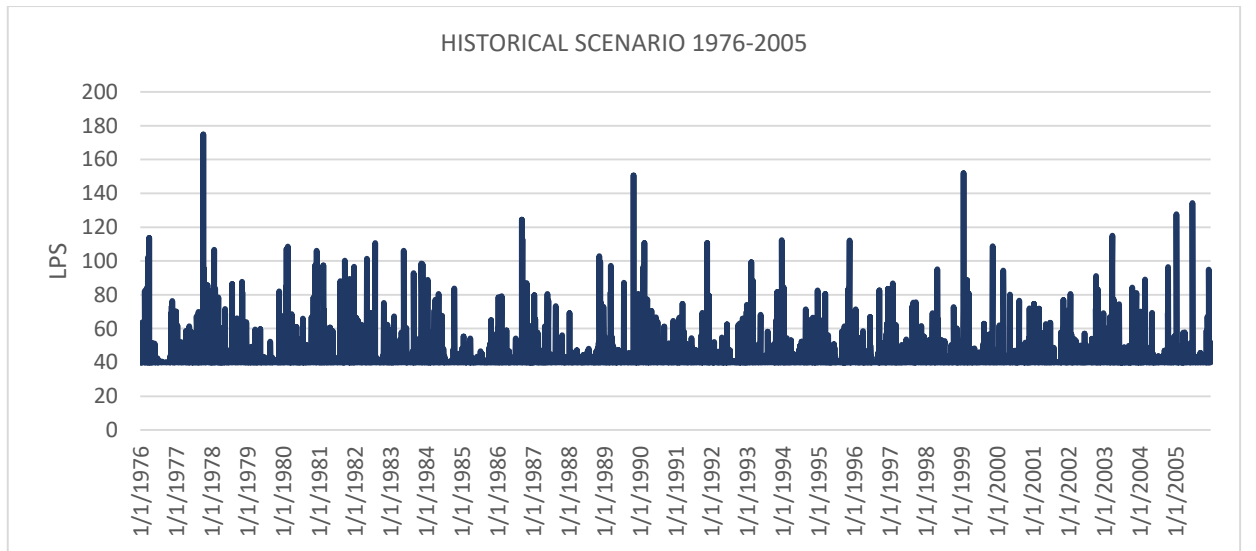


Εικόνα 5. 20: Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

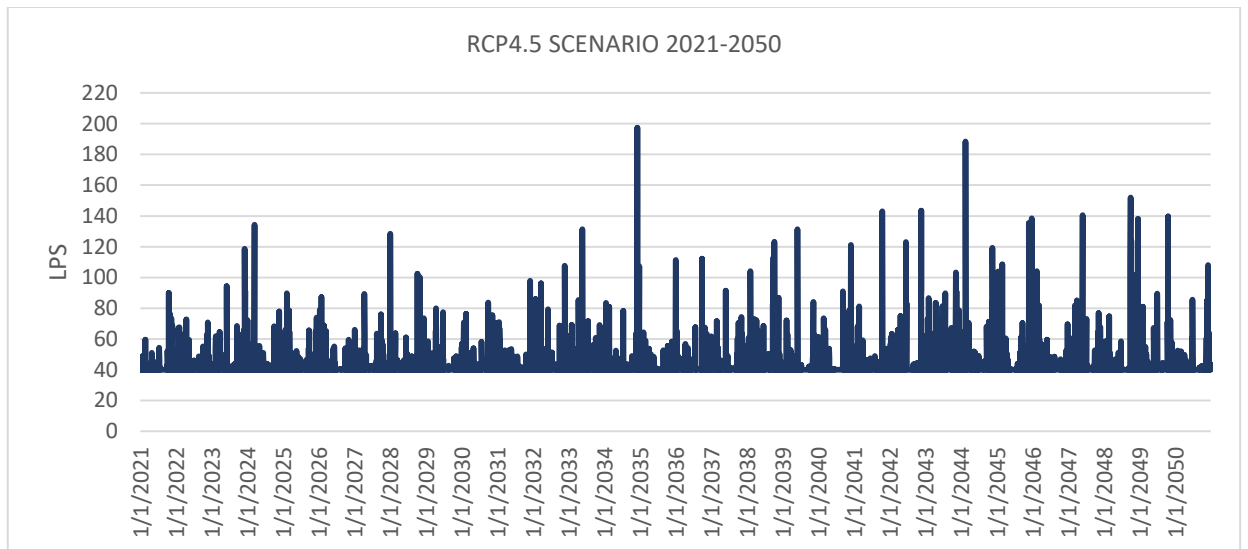


Εικόνα 5. 21: Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

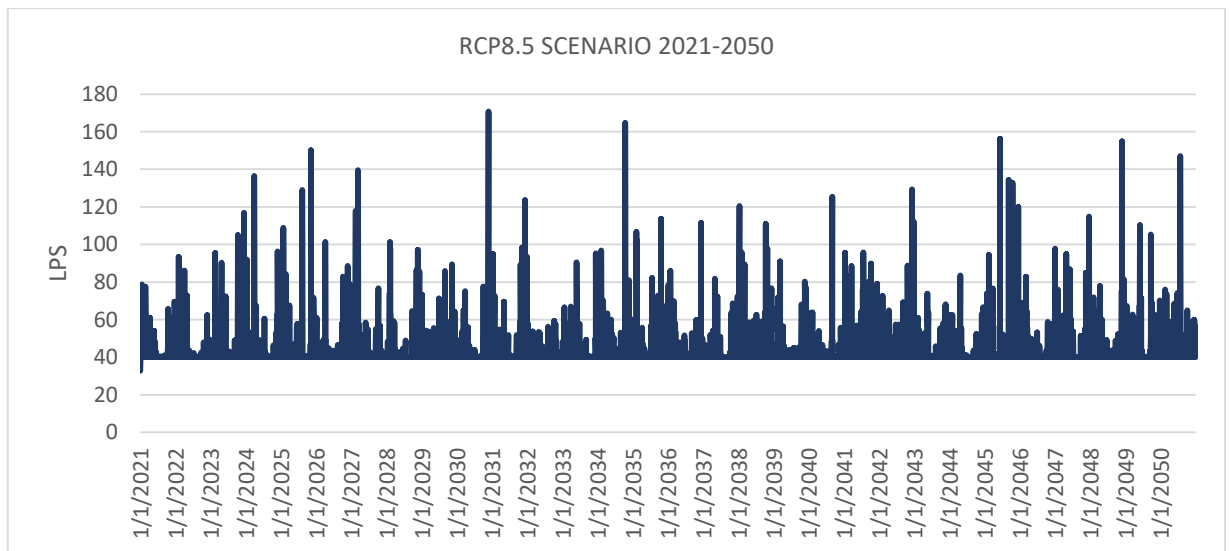
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΟΥ 8



Εικόνα 5. 22: Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

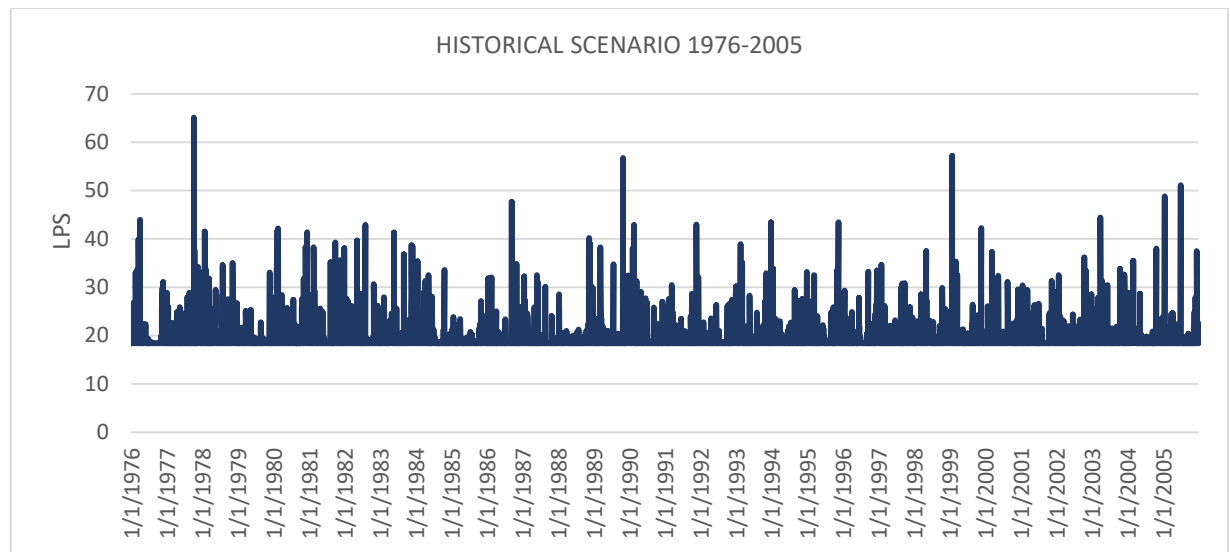


Εικόνα 5. 23: Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

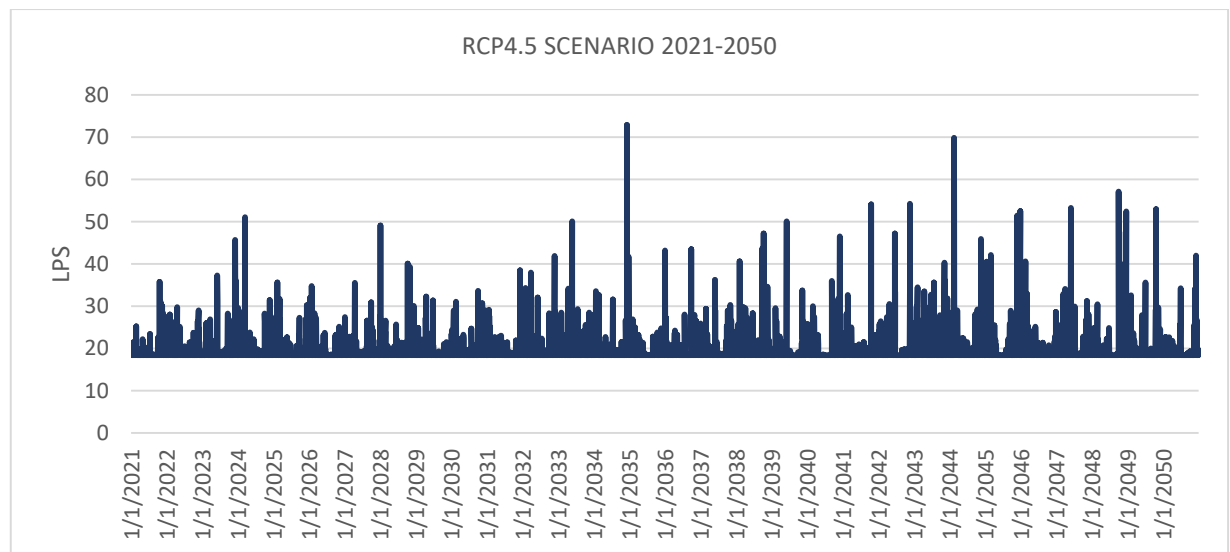


Εικόνα 5. 24: Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

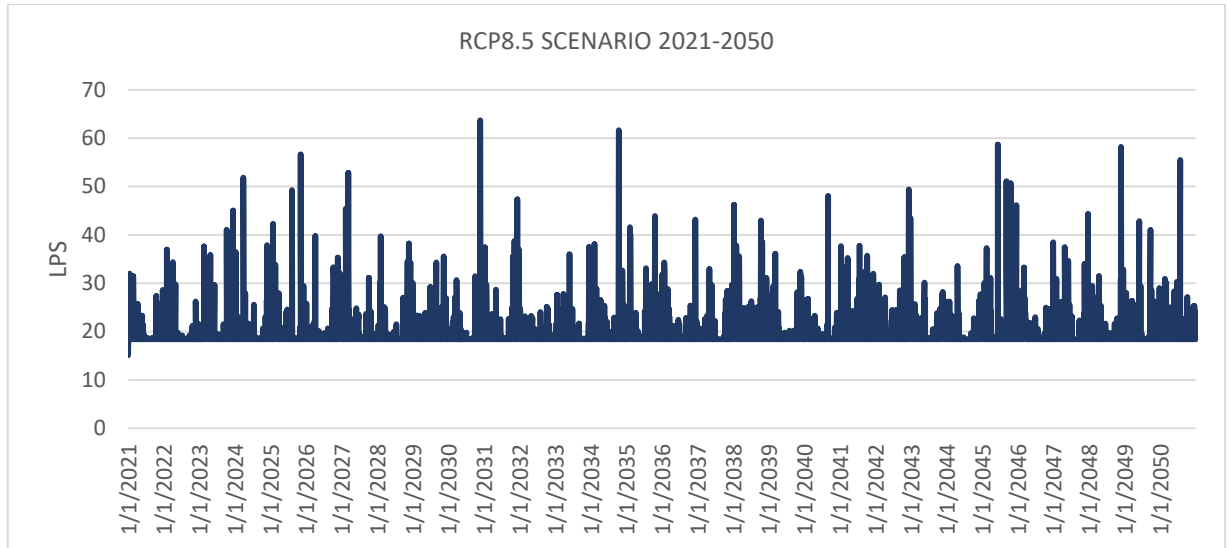
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΟΥ 76



Εικόνα 5. 25: Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

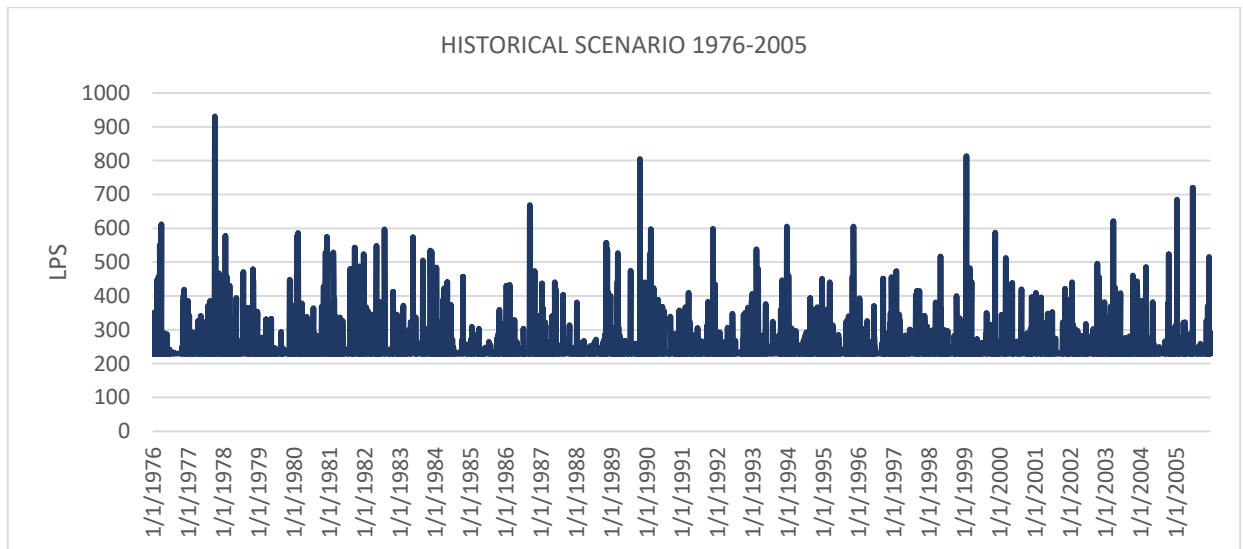


Εικόνα 5. 26: Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

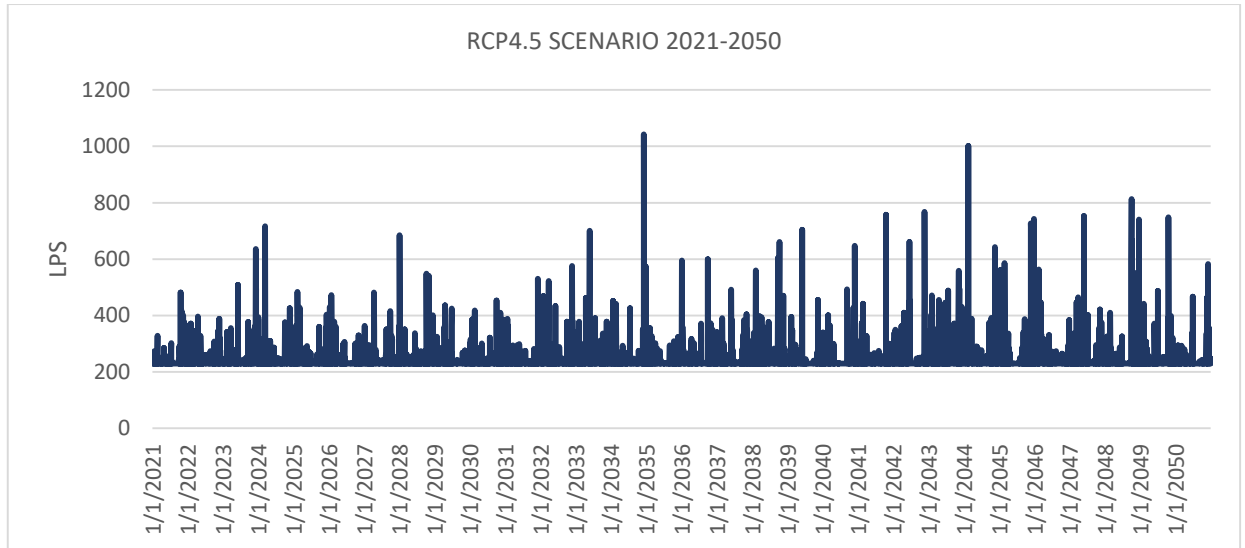


Εικόνα 5. 27: Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

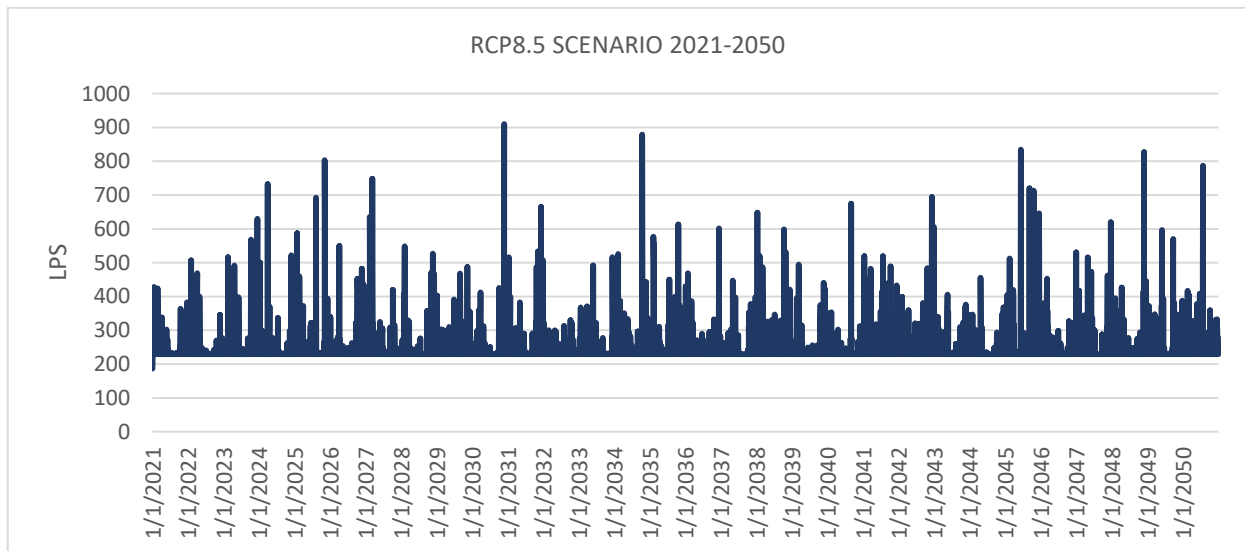
### ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΟΥ 99



Εικόνα 5. 28: Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



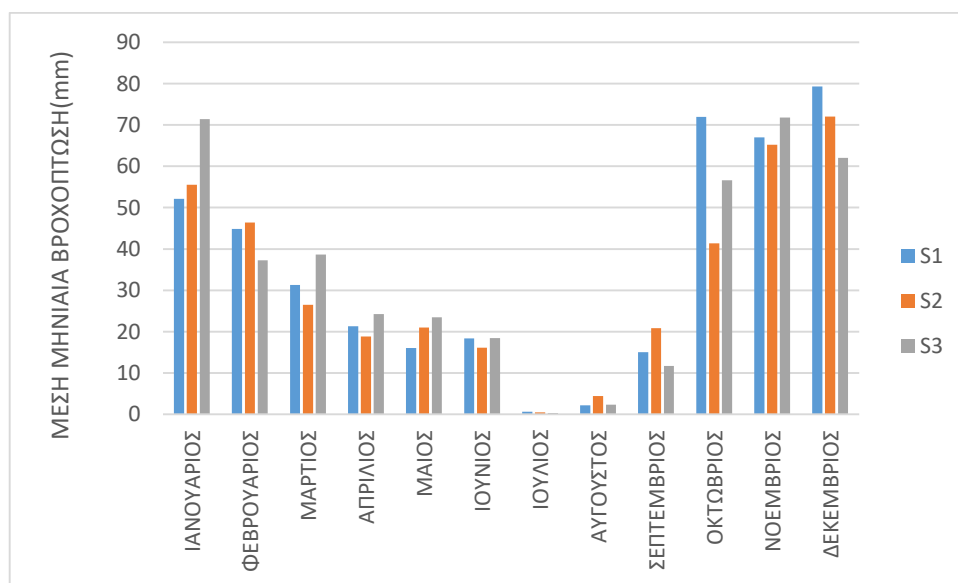
Εικόνα 5. 29: Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Εικόνα 5. 30: Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

## 5.2 Μοντέλο CLMcom-CCM4-8-17 - ΜΟHC-HadGEM2-ES

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.31) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.2 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 31: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-ΜΟHC-HadGEM2-ES

Πίνακας 5.2: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - MOHC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	52,16	55,53	71,39	56,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	44,81	46,37	37,28	46,7
ΜΑΡΤΙΟΣ	31,26	26,52	38,66	40,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	21,33	18,79	24,22	30,8
ΜΑΙΟΣ	16,06	21,01	23,50	22,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	18,34	16,12	18,40	10,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,64	0,51	0,34	5,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2,15	4,45	2,36	6,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15,00	20,85	11,69	13,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	71,93	41,35	56,58	52,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	67,00	65,20	71,81	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	79,34	72,02	62,08	69,1
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	420,02	388,72	418,32	414,1

Αρχικά, για τον μήνα Ιανουάριο τα αποτελέσματα του ιστορικού σεναρίου και του RCP4.5 πλησιάζουν πολύ το ύψος μέσης βροχής της Ε.Μ.Υ, σε αντίθεση με το σενάριο RCP8.5 που παρουσιάζει περίπου 16 mm μεγαλύτερη βροχή. Προχωρώντας στο Φεβρουάριο, παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο, όμως το RCP8.5 παρουσιάζει μια μέση βροχόπτωση κατά 9 mm μικρότερη των υπολοίπων. Τον μήνα Μάρτιο, το ιστορικό σενάριο και το RCP8.5 έχουν τιμή κοντά στην Ε.Μ.Υ, όμως το RCP4.5 δίνει μέση βροχόπτωση κατά 16 mm μικρότερη. Τον Απρίλιο, η μεγαλύτερη διαφορά σημειώνεται και πάλι μεταξύ της Ε.Μ.Υ και του RCP4.5 και είναι στα 12 mm. Στη συνέχεια, σε γενικές γραμμές τον Ιούνιο όλα τα σενάρια δίνουν μεγαλύτερες μέσες βροχοπτώσεις από της Ε.Μ.Υ, ενώ τον Ιούλιο δίνουν μικρότερες. Τον Αύγουστο όλες οι τιμές είναι κοντά, καθώς επίσης και τον Δεκέμβριο. Τέλος, σημαντικές διαφορές σημειώνονται τον Οκτώβριο όπου το ιστορικό σενάριο δίνει βροχόπτωση κατά 19 mm μεγαλύτερη από της Ε.Μ.Υ και το RCP4.5 κατά 9 mm μικρότερη από της Ε.Μ.Υ.



Συγκρίνοντας τα σενάρια μεταξύ τους μεγάλες διαφορές σημειώνονται τον Ιανουάριο, με το RCP8.5 να κάνει την διαφορά και τον Οκτώβριο με το ιστορικό σενάριο να έχει αρκετά υψηλότερη μέση βροχόπτωση απ'τα υπόλοιπα σενάρια.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

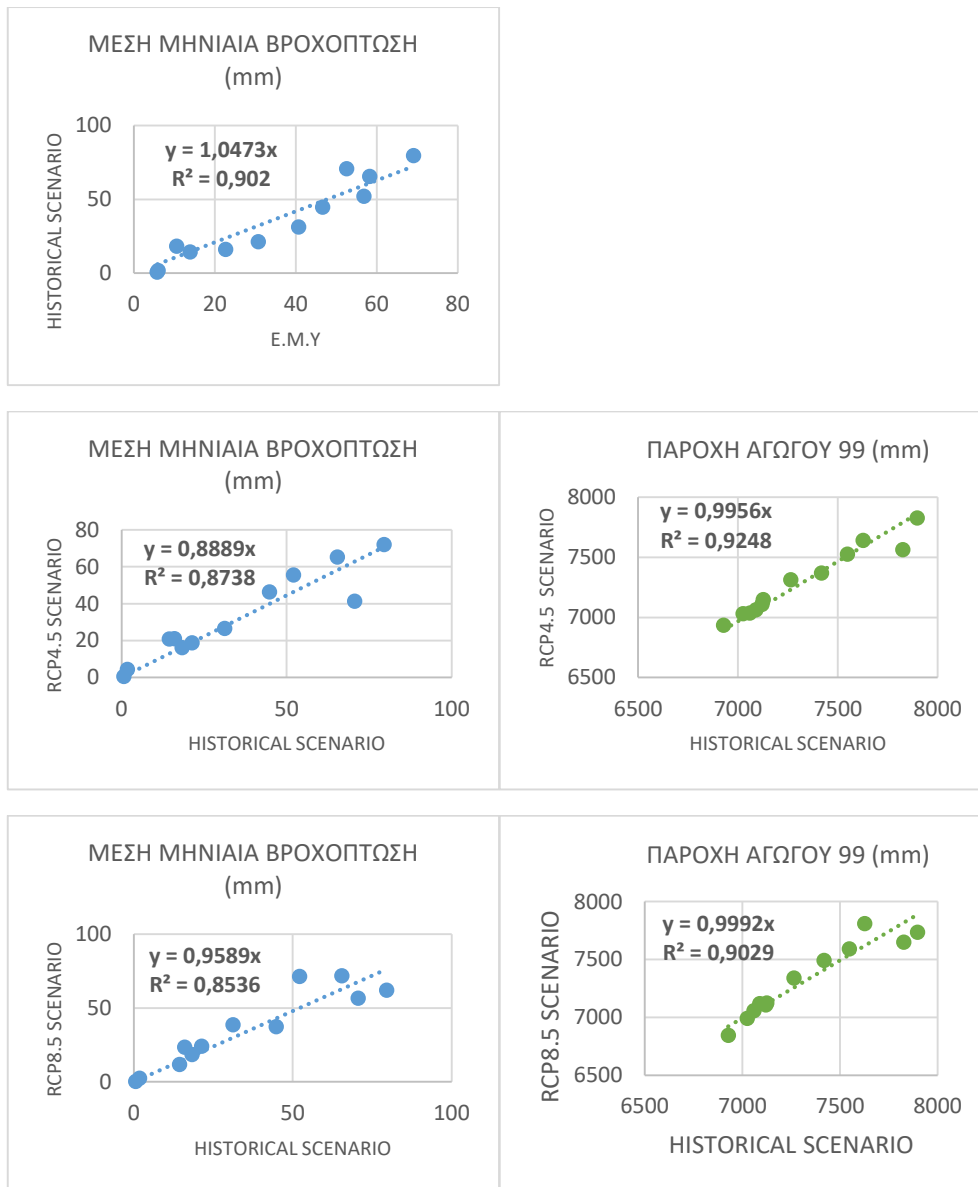
Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη στο ιστορικό σενάριο, γεγονός που επιβεβαιώνει τις προγνώσεις για μείωση της βροχής και επικράτηση ξηρασίας στο μέλλον.

Τα μεγαλύτερα ύψη βροχοπτώσεων, όπως φαίνεται στο Παράρτημα Α, και απ' τη σύγκριση των διαγραμμάτων, παρουσιάζονται στο ιστορικό σενάριο. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ημερήσιο ύψος βροχής σημειώνεται το 1997 και είναι ίσο με 105,73 mm. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των σεναρίων η μεγαλύτερη απορροή των υπολεκανών σημειώνεται στο ιστορικό σενάριο το 1997, λόγω και της υψηλότερης βροχόπτωσης που σημειώνεται τότε. Επίσης, υψηλές απορροές βλέπουμε στην ιστορική περίοδο το 1988, στο RCP4.5 το 2026 και στο RCP8.5 το 2039 και το 2050. Το ίδιο συμβαίνει στις στάθμες των φρεατίων και στις παροχές των αγωγών. Δεν προκύπτει κανένα συμβάν πλημμύρας και το σύστημα επαρκεί.

Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.32) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύματα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP4.5 < RCP8.5 < historical, historical > E.M.Y

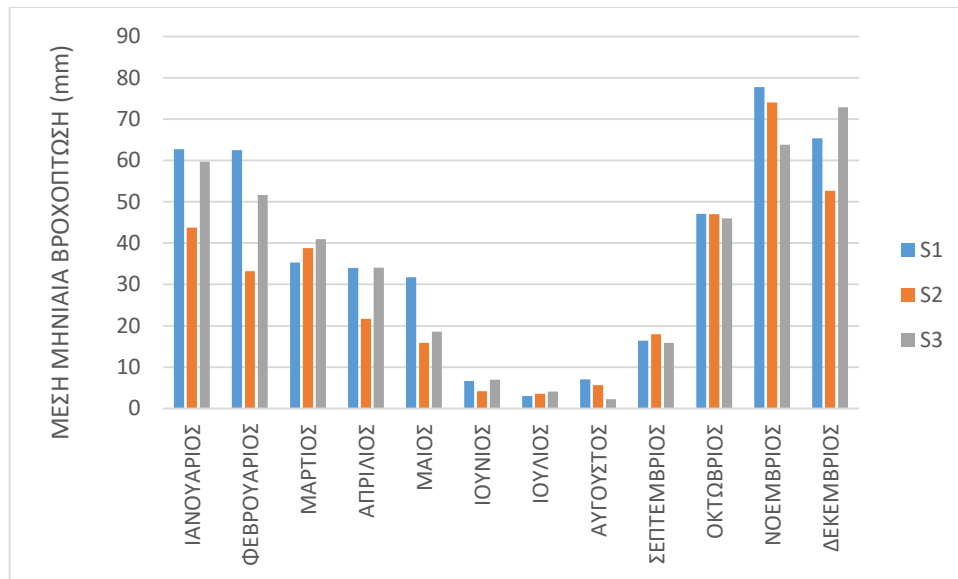
**Παροχή αγωγού 99:** RCP4.5 < RCP8.5 < historical



Εικόνα 5. 32: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17 - MOHC-HadGEM2-ES

### 5.3 Μοντέλο CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.33) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.3 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 33: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR

Πίνακας 1.3: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	E.M.Y
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	62,69	43,73	59,68	56,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	62,46	33,20	51,64	46,7
ΜΑΡΤΙΟΣ	35,32	38,77	40,96	40,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	33,94	21,68	34,05	30,8
ΜΑΙΟΣ	31,74	15,89	18,54	22,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	6,66	4,13	6,94	10,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	2,97	3,56	4,11	5,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	7,03	5,67	2,22	6,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	16,43	17,95	15,89	13,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	47,04	46,99	46,01	52,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	77,77	73,99	63,81	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	65,36	52,68	72,83	69,1
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	449,41	358,22	416,68	414,1

Αρχικά, για τον μήνα Ιανουάριο τα αποτελέσματα του ιστορικού σεναρίου και του RCP8.5 πλησιάζουν ικανοποιητικά το ύψος μέσης βροχής της Ε.Μ.Υ, σε αντίθεση με το σενάριο RCP4.5 το οποίο διαφέρει αρνητικά περίπου κατά 13 mm. Προχωρώντας στο Φεβρουάριο, παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο στη σχέση του RCP4.5 με τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ, ωστόσο το ιστορικό σενάριο και το RCP8.5 διαφέρουν προς τα πάνω, με το ιστορικό να προηγείται κατά 16 mm απ' την βροχή της Ε.Μ.Υ. Τον Μάρτιο όλες οι βροχές βρίσκονται σε παρόμοιο επίπεδο, ενώ τον Απρίλιο το RCP4.5 διαφέρει απ' τα υπόλοιπα, έχοντας και πάλι το χαμηλότερο ύψος μέσης βροχόπτωσης. Τον Μάιο προηγείται πάλι το ιστορικό σενάριο, ενώ τα μελλοντικά σενάρια τείνουν προς τα δεδομένα της Ε.Μ.Υ. Τους καλοκαιρινούς μήνες δεν σημειώνονται μεγάλες διαφορές, ίσως τα σενάρια υποστηρίζουν ένα καλοκαίρι ελάχιστα πιο ξηρό. Επόμενη σημαντική διαφορά σημειώνεται τον Νοέμβριο, όπου τα σενάρια έχουν πιο υψηλή βροχόπτωση με το ιστορικό σενάριο να προηγείται κατά 19 mm απ' την Ε.Μ.Υ. Τέλος, τον Δεκέμβρη πάλι το RCP4.5 δίνει την μικρότερη βροχή και το RCP8.5 την μεγαλύτερη, η οποία όμως βρίσκεται πολύ κοντά στις Ε.Μ.Υ.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

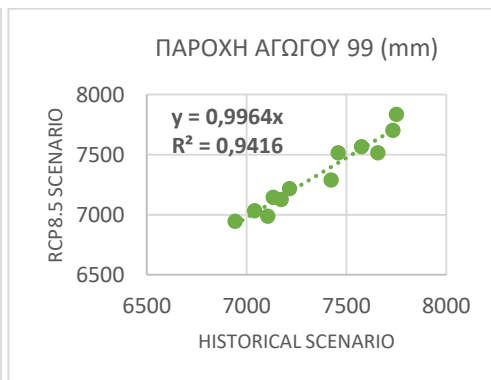
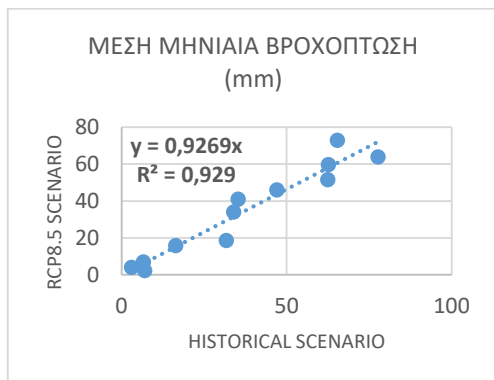
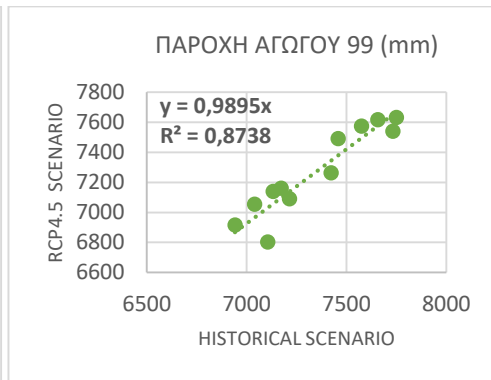
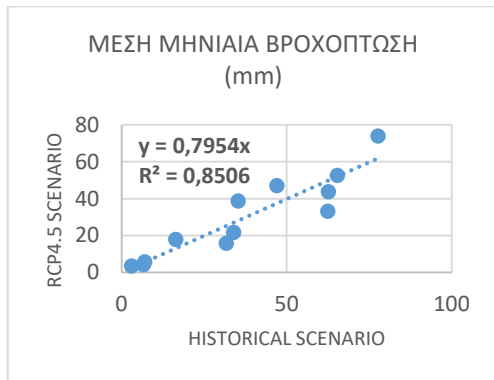
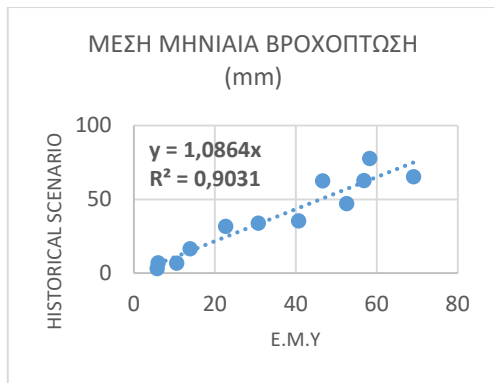
Συμπερασματικά, το πιο βροχερό σενάριο στο παρόν μοντέλο είναι το ιστορικό και το λιγότερο είναι το RCP4.5, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται από τις μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις.

Τα μεγαλύτερα ύψη βροχοπτώσεων, όπως φαίνεται απ' τα διαγράμματα του παραρτήματος Γ, παρουσιάζονται στο ιστορικό σενάριο και τα χαμηλότερο στο RCP4.5. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ημερήσιο ύψος σημειώνεται το 1988 και είναι ίσο με 107,08 mm. Επίσης, μεγάλη ημερήσια βροχή σημειώνεται και στο RCP8.5 το έτος 2047, όπου εκεί σημειώνεται και οι υψηλότερες τιμές απορροής των λεκανών. Δεν προκύπτει κανένα συμβάν πλημμύρας.

Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.34) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύμενα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP4.5 < RCP8.5 < historical, historical > Ε.Μ.Υ

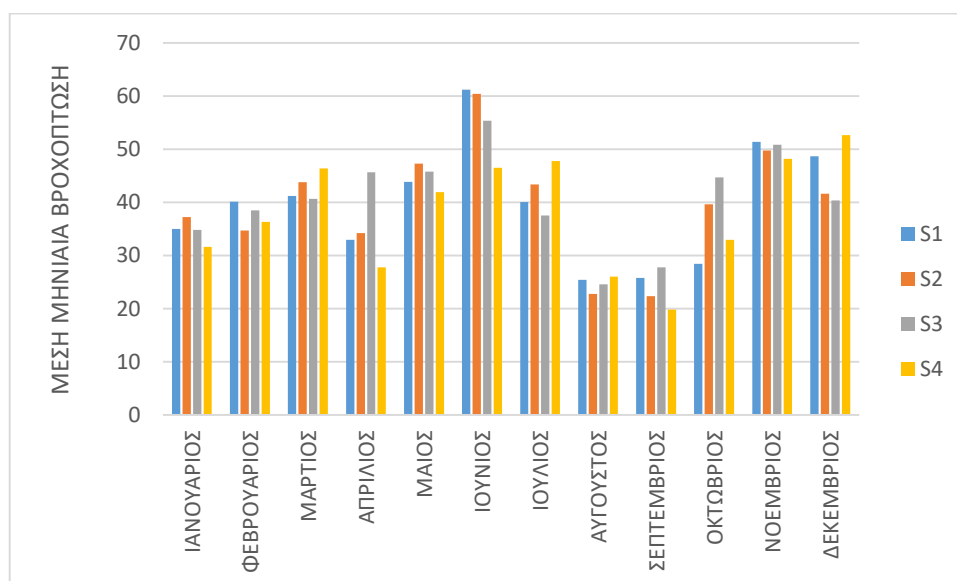
**Παροχή αγωγού 99:** RCP8.5 < RCP4.5 < historical



Εικόνα 5. 34: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CLMcom-CCM4-8-17-MPI-M-MPI-ESM-LR

#### 5.4 Μοντέλο CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.31) παρατίθενται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP2.6), S3 (RCP4.5) και S4 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.4 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 35: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

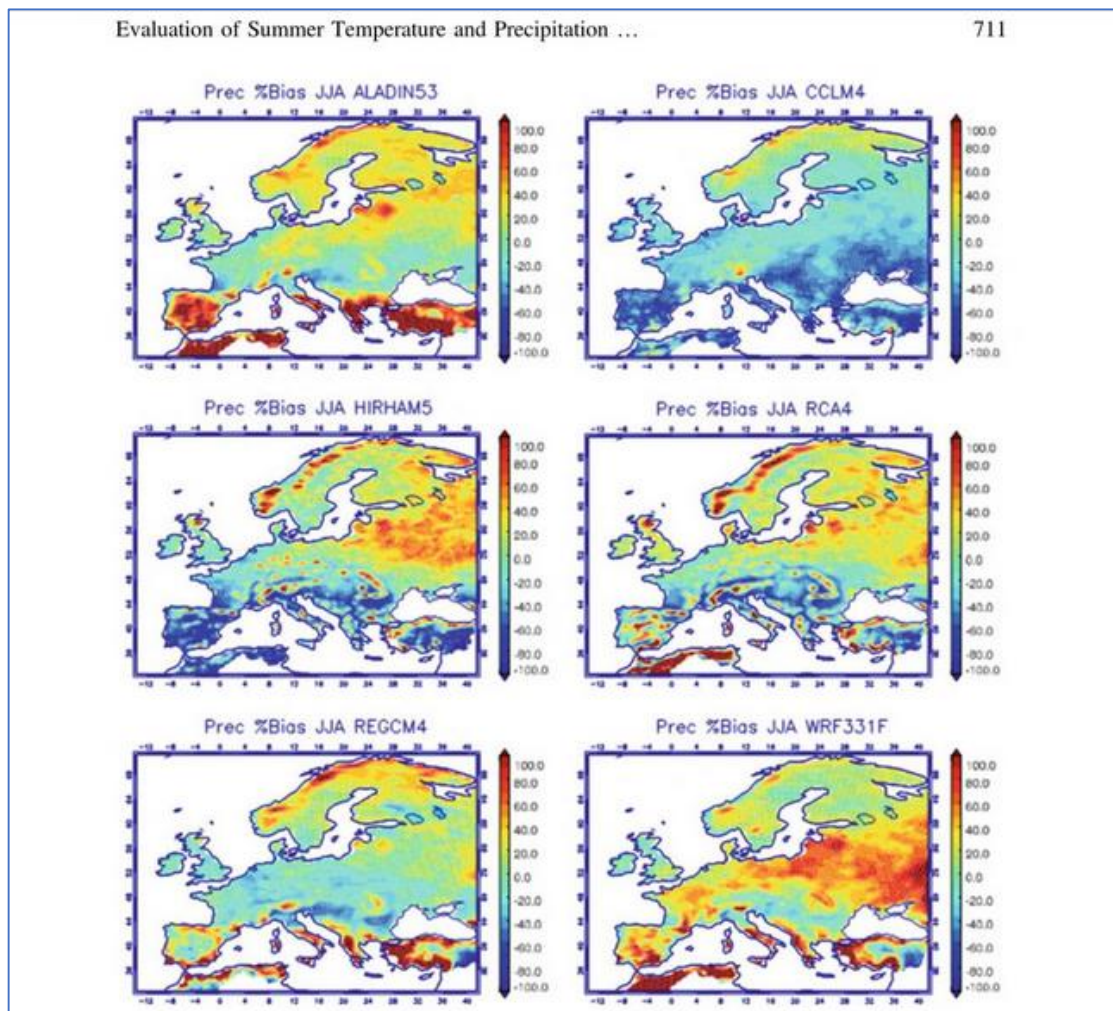
Πίνακας 5.4: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1- HISTORICAL SC. 1976- 2005	S2-RCP2.6 SC. 2021-2050	S3-RCP4.5 SC 2021-2050	S4-RCP8.5 SC. 2021- 2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	34,98	37,26	34,83	31,62	56,90
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	40,10	34,68	38,49	36,33	46,70
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,23	43,77	40,66	46,38	40,70
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	32,95	34,19	45,68	27,77	30,80
ΜΑΙΟΣ	43,85	47,26	45,77	41,93	22,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	61,21	60,40	55,38	46,51	10,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	40,07	43,40	37,51	47,77	5,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	25,41	22,78	24,60	26,02	6,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	25,80	22,36	27,80	19,81	13,90
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	28,43	39,67	44,69	32,97	52,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	51,37	49,78	50,88	48,21	58,30
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	48,70	41,64	40,39	52,64	69,10
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	474,10	477,21	486,67	457,95	414,10

Είναι πρόδηλο πως τα στοιχεία των χρονοσειρών του μοντέλου CNRM-ALADIN53 απέχουν πολύ απ'την πραγματικότητα. Ειδικά για την καλοκαιρινή περίοδο, οι βροχές του μοντέλου είναι 4 φορές μεγαλύτερη από τις

παρατηρούμενες βροχές της Ε.Μ.Υ τον μήνα Αύγουστο, και μέχρι 6 φορές μεγαλύτερη τον μήνα Ιούνιο. Το μοντέλο υποστηρίζει ένα πιο υγρό καλοκαίρι ακόμη και από τον χειμώνα. Σε παρόμοιες μελέτες, έχει παρατηρηθεί αυτή η ιδιαιτερότητα του μοντέλου, κυρίως για την νότια Ευρώπη, και έχει χαρακτηριστεί ως αναξιόπιστο στη μελέτη «Perspectives on Atmospheric Sciences». (Karacostas T. S. et al. 2017)

Στην παρακάτω Εικόνα 5.36 παρουσιάζονται οι καλοκαιρινές βροχοπτώσεις διάφορων μοντέλων, μεταξύ αυτών και του ALADIN53 και φαίνεται η αποχή του απ' τα υπόλοιπα αξιόπιστα μοντέλα (εκτός του WRF331F, που θεωρείται επίσης αναξιόπιστο). (Karacostas T. S. et al. 2017)



Εικόνα 5. 36: Εκτίμηση των καλοκαιρινών βροχοπτώσεων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες  
Πηγή: Perspectives on Atmospheric Sciences

Ως αναφορά στους χειμερινούς μήνες, ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος παρουσιάζουν χαμηλότερες βροχοπτώσεις από την Ε.Μ.Υ, αλλά ο Μάρτιος και ο Νοέμβριος πλησιάζουν τις βροχοπτώσεις της Ε.Μ.Υ. Στον Απρίλιο δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις, εκτός από το RC4.5 που προηγείται κατά 15 mm. Τον Μάιο και τον Σεπτέμβριο, οι βροχές του μοντέλου είναι διπλάσιες από τις βροχές της Ε.Μ.Υ. Ο Δεκέμβριος είναι πιο ξηρός για το μοντέλο. Οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου είναι περίπου κατά μέσο όρο 60 mm μεγαλύτερες από της Ε.Μ.Υ.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όλα τα σενάρια του μοντέλου έχουν αρκετά μεγάλη μέση ετήσια βροχόπτωση, που όμως δεν βρίσκει ανταπόκριση στην πραγματικότητα καθώς το μοντέλο υποστηρίζει έναν ξηρό χειμώνα και ένα πολύ υγρό καλοκαίρι. Συνεπώς χρήζει “bias correction”.

Όπως παρατηρείται από τα διαγράμματα στο παράρτημα Γ, δεν υπάρχουν ακραίες υψηλές βροχοπτώσεις, αλλά υπάρχουν λιγότερες μηδενικές βροχοπτώσεις, για αυτό το λόγο η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι αρκετά υψηλή.

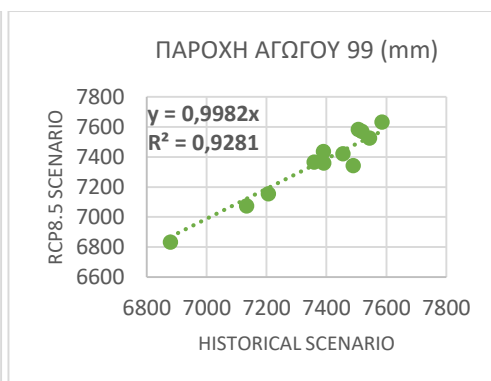
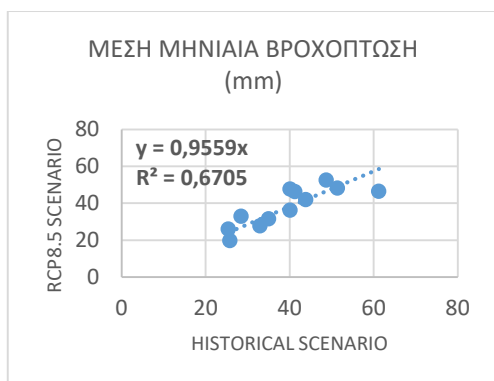
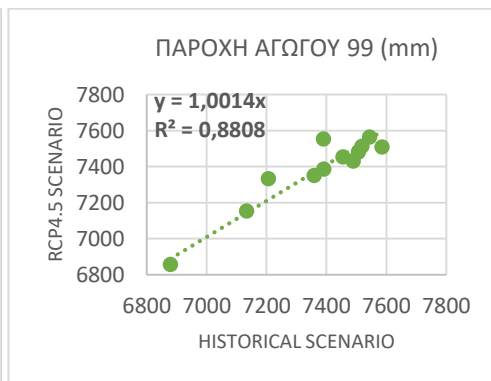
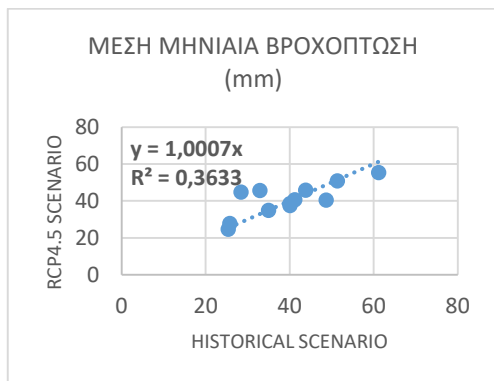
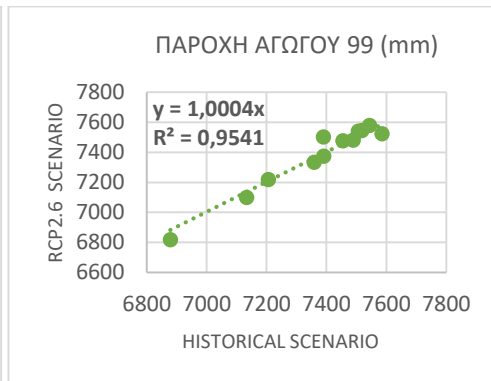
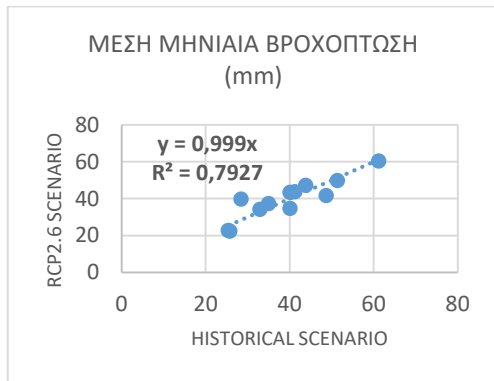
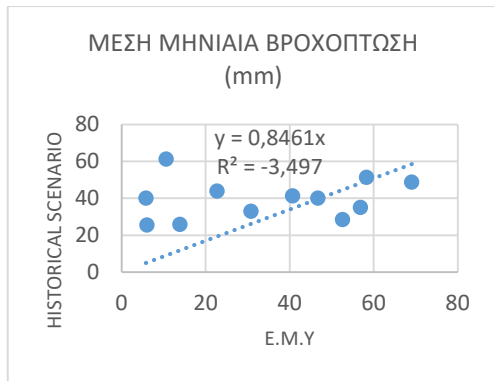
Στο RCP8.5 ενώ έχει τη μικρότερη μέση ετήσια βροχόπτωση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σενάρια, σημειώνει τις πιο υψηλές τιμές στις παροχές αγωγών και στις στάθμες των φρεατίων τη χρονολογία 2049, δηλαδή παρουσιάζει το πιο ακραίο ημερήσιο φαινόμενο. Τέλος, δεν προκύπτει κανένα συμβάν πλημμύρας.

Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.37) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύμενα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP8.5 < historical < RCP2.6 < RCP4.5 & historical < Ε.Μ.Υ με  $R^2 < 0$

**Παροχή αγωγού 99:** RCP8.5 < historical < RCP2.6 < RCP4.5

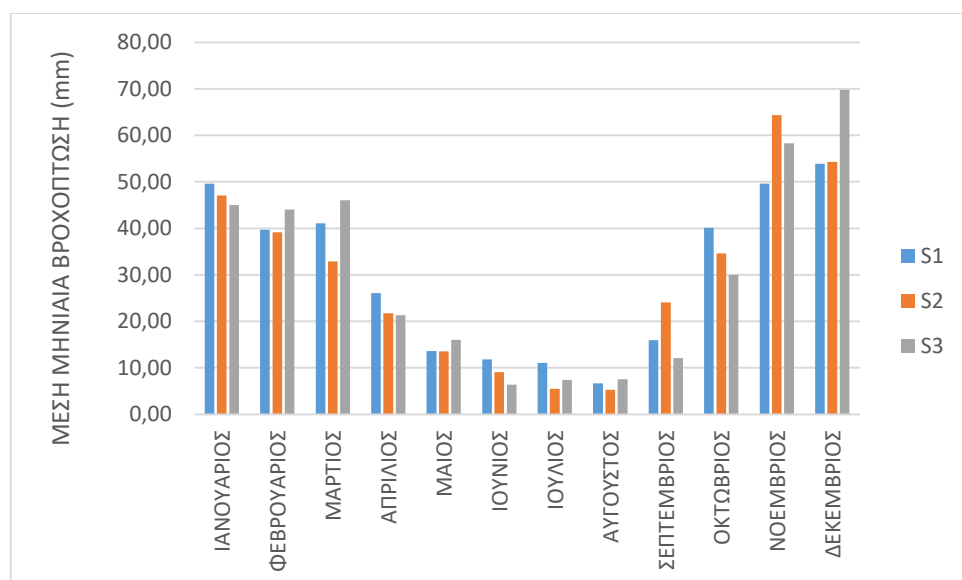




Εικόνα 5. 37: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

## 5.5 Μοντέλο SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.38) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.5 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 38: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

Πίνακας 5.5: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	49,62	47,07	45,03	56,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	39,70	39,14	44,01	46,7
ΜΑΡΤΙΟΣ	41,08	32,86	46,00	40,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	26,09	21,75	21,29	30,8
ΜΑΙΟΣ	13,60	13,55	16,03	22,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	11,82	9,10	6,40	10,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	11,04	5,50	7,42	5,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	6,68	5,29	7,55	6,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	15,97	24,07	12,07	13,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	40,14	34,62	30,01	52,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	49,62	64,34	58,29	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	53,89	54,30	69,76	69,1
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	359,24	351,59	363,86	414,1

Αρχικά, τον Ιανουάριο μήνα φαίνεται τα τρία σενάρια να συγκλίνουν μεταξύ τους και να παρουσιάζουν μικρότερες βροχοπτώσεις σε σχέση με την Ε.Μ.Υ. Τον μήνα Φεβρουάριο, οι βροχοπτώσεις και των τριών σεναρίων πλησιάζουν πολύ αυτές της Ε.Μ.Υ, με την μεγαλύτερη διαφορά του ιστορικού και του RCP4.5 στα 6-7 mm και του RCP8.5 στα 2 mm διαφορά. Συνεχίζοντας στο μήνα Μάρτιο, οι βροχές του ιστορικού βρίσκονται πολύ κοντά στις βροχές της Ε.Μ.Υ, ωστόσο το RCP8.5 δίνει βροχή κατά 6 mm υψηλότερη και το RCP4.5 κατά 8 mm μικρότερη από αυτή της Ε.Μ.Υ. Τον Απρίλιο και τα τρία σενάρια παρουσιάζουν μικρότερες βροχές από την Ε.Μ.Υ, όμως το ιστορικό σενάριο εμφανίζει την μικρότερη απόκλιση στα 4 mm. Ο Μάιος είναι παρόμοιος και για τα τρία σενάρια, και αρκετά πιο ξηρός από αυτόν που δίνουν οι πραγματικές παρατηρήσεις. Προχωρώντας στο καλοκαίρι, το ιστορικό σενάριο παρουσιάζει υγρούς σχετικά μήνες ενώ τα υπόλοιπα σενάρια ταυτίζονται κατά κάποιον τρόπο με τις πραγματικές παρατηρήσεις της Ε.Μ.Υ. Η διαφορά του ιστορικού απ'τα υπόλοιπα σενάρια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι περίπου στα 5 mm, εκτός από τον Αύγουστο, όπου όλες οι τιμές συγκλίνουν. Το Σεπτέμβριο ενώ το

ιστορικό και το RCP8.5 σενάριο έχουν παρόμοια ύψη βροχόπτωσης με την Ε.Μ.Υ, το RCP4.5 παρουσιάζει μια βροχόπτωση κατά 11 mm μεγαλύτερη. Ο Οκτώβριος είναι πολύ πιο ξηρός και για τα τρία σενάρια από τις πραγματικές παρατηρήσεις ενώ τον Νοέμβριο, το RCP4.5 παρουσιάζει κατά 6 mm υψηλότερη βροχόπτωση και τα άλλα δύο σενάρια ταυτίζονται σχεδόν με τα δεδομένα της Ε.Μ.Υ. Ο Δεκέμβρης είναι λιγότερο υγρός για το ιστορικό και το RCP4.5 σενάριο, ενώ το RCP8.5 ταυτίζεται με τις πραγματικές παρατηρήσεις.

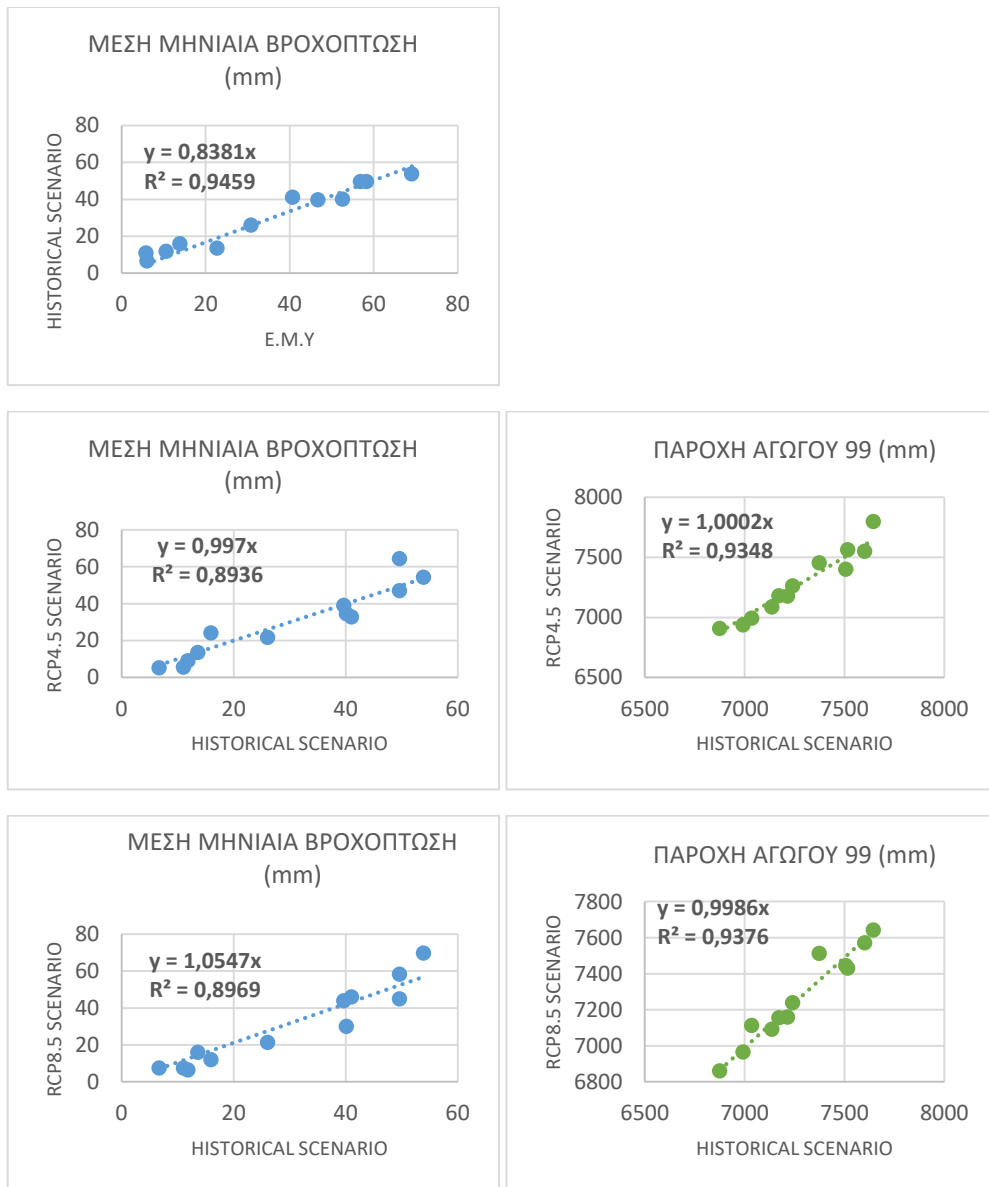
### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μέσες ετήσιες βροχές είναι πολύ κοντά και για τα τρία σενάρια, και αναλόγως τον μήνα οι συμπεριφορές των σεναρίων μεταβάλλονται. Άρα δεν υπάρχει κάποιος ξεκάθαρος διαχωρισμός των τριών αυτών σεναρίων, παρά μόνο ότι τα μελλοντικά σενάρια υποστηρίζουν πιο ξηρό καλοκαίρι και το ιστορικό σενάριο λιγότερο υγρούς χειμώνες. Παρατηρώντας το παράρτημα Ε, οι μέγιστες βροχοπτώσεις και συνεπώς οι μέγιστες απορροές υπολεκανών και οι μέγιστες στάθμες των φρεατίων σημειώνονται στο ιστορικό σενάριο αρχές του έτους 1989 και τέλος του έτους 1990. Δεν προκύπτει συμβάν πλημμύρας.

Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.39) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύμενα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP4.5 < historical < RCP8.5 & historical < Ε.Μ.Υ

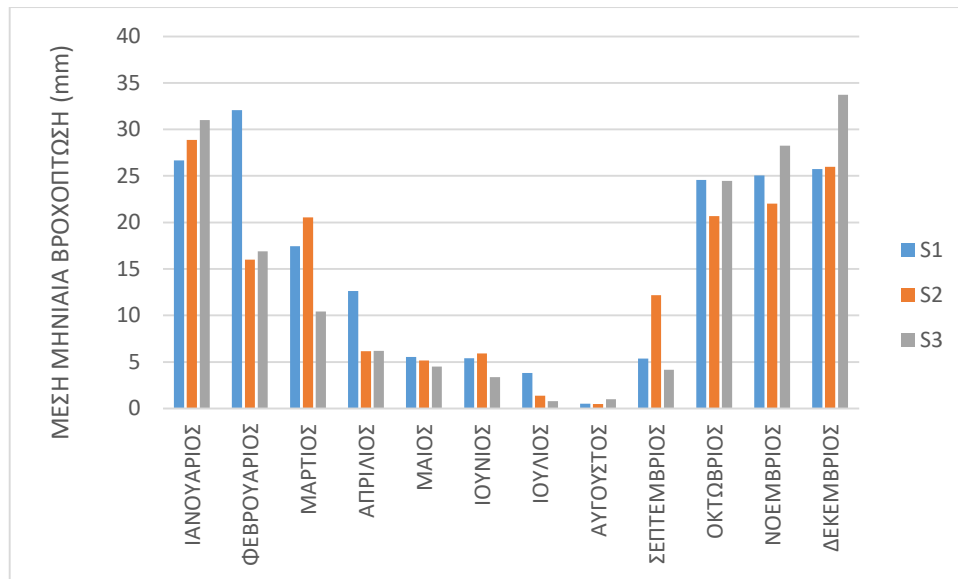
**Παροχή αγωγού 99:** RCP8.5 < historical < RCP4.5



Εικόνα 5. 39: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

## 5.6 Μοντέλο SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.40) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.6 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 40: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

Πίνακας 5.6: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	26,65	28,86	31,00	56,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	32,07	16,01	16,88	46,7
ΜΑΡΤΙΟΣ	17,44	20,53	10,43	40,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12,63	6,14	6,18	30,8
ΜΑΙΟΣ	5,53	5,14	4,50	22,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	5,39	5,90	3,35	10,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	3,82	1,37	0,78	5,8
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,52	0,46	1,00	6,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	5,37	12,17	4,15	13,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	24,57	20,69	24,48	52,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	25,04	22,03	28,24	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,74	25,99	33,73	69,1
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	184,78	165,29	164,72	414,1

Τα σενάρια αυτού του μοντέλου παρουσιάζουν δραματική ξηρασία αφού η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι τρεις φορές μικρότερη από αυτή της Ε.Μ.Υ. Οι μόνοι

λογικοί μήνες είναι αυτοί του καλοκαιριού, αλλά και πάλι υποστηρίζουν μηδενικές κατακρημνίσεις.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

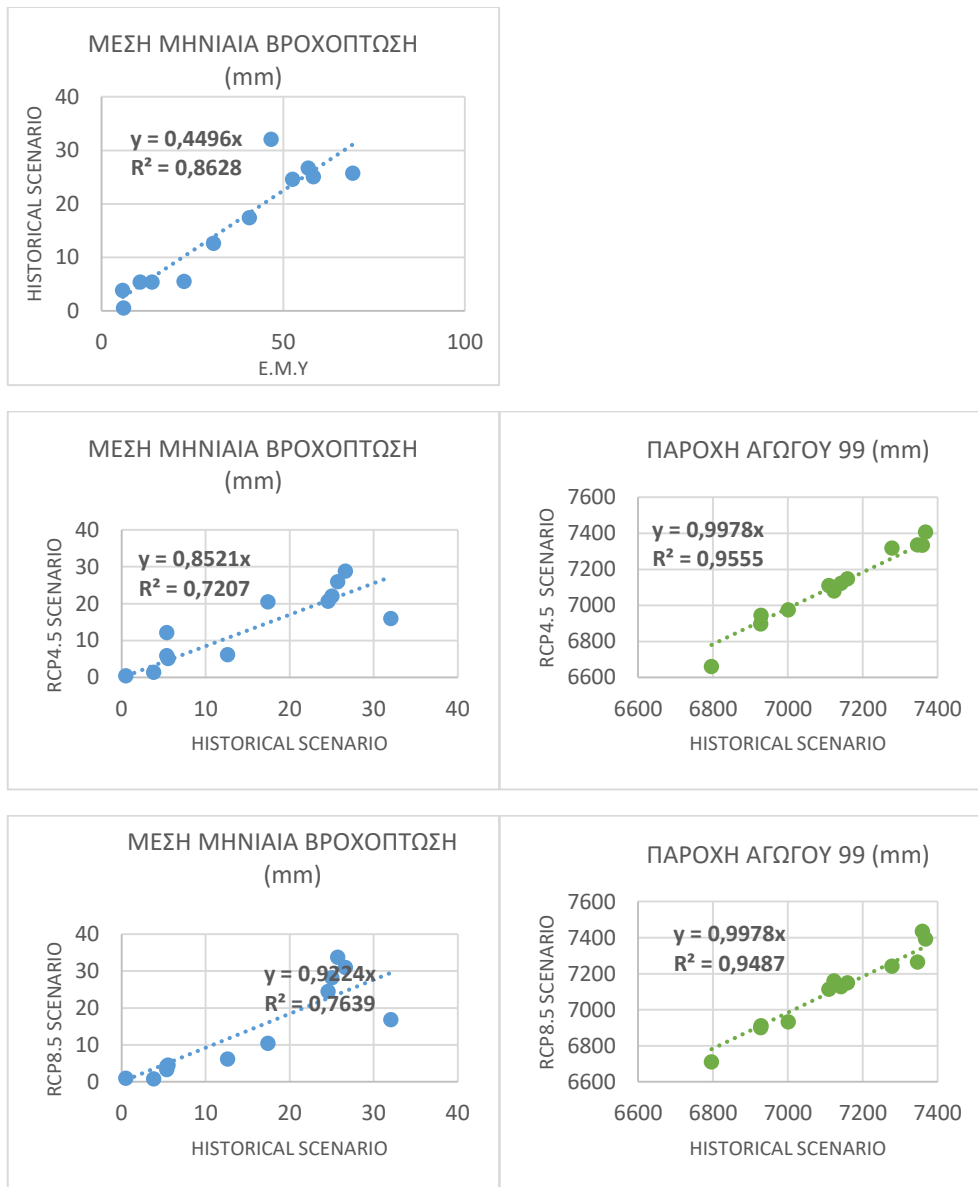
Το παρόν μοντέλο χρήζει "bias – correction". Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων βρίσκονται στο παράρτημα Ε, η μέγιστη βροχή καταγράφεται στο σενάριο RCP4.5 κατά το έτος 2030 και είναι 96 mm ενώ για το ιστορικό σενάριο η μέγιστη είναι 47 mm και για το RCP8.5 η μέγιστη είναι κοντά στα 54 mm.

Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.41) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύμενα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP4.5 < RCP8.5 < historical << E.M.Y

**Παροχή αγωγού 99:** RCP4.5 < RCP8.5 < historical

Αφού το ιστορικό σενάριο είναι πολύ πιο ξηρό από τις πραγματικές παρατηρήσεις (historical << E.M.Y), το μοντέλο αντιπροσωπεύει την άποψη μιας δραματικής ξηρασίας.

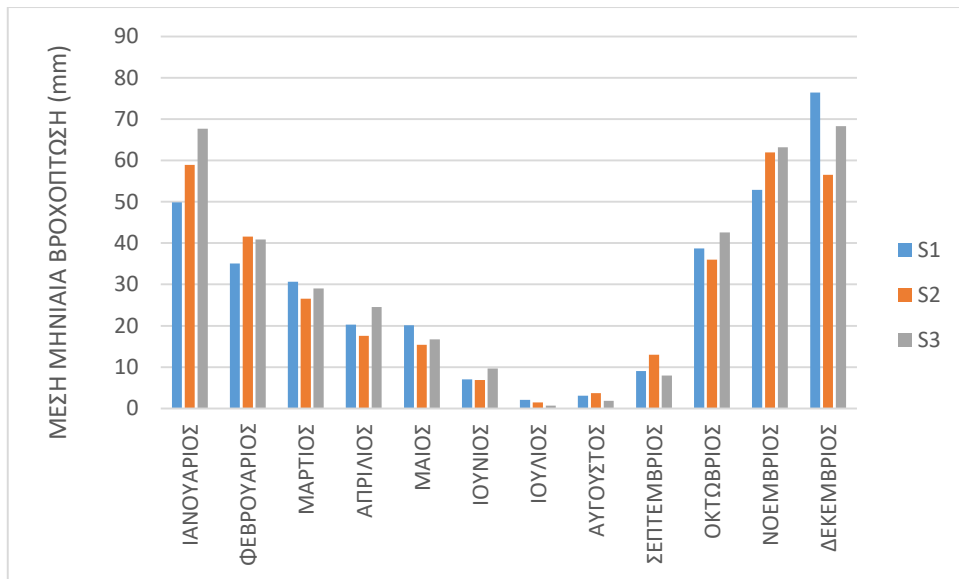


Εικόνα 5. 41: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

### 5.7 Μοντέλο SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.42) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.7 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.





Εικόνα 5. 42 :Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES

Πίνακας 5.7: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	49,89	58,90	67,71	56,90
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	35,07	41,54	40,84	46,70
ΜΑΡΤΙΟΣ	30,65	26,52	29,06	40,70
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	20,26	17,56	24,52	30,80
ΜΑΙΟΣ	20,14	15,40	16,74	22,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	7,04	6,87	9,66	10,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	2,09	1,48	0,66	5,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3,04	3,73	1,85	6,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	9,03	12,97	7,92	13,90
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	38,69	36,01	42,56	52,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	52,86	61,98	63,16	58,30
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	76,39	56,54	68,28	69,10
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	345,16	339,51	372,96	414,10

Ξεκινώντας με τον μήνα Ιανουάριο, το πιο κοντινό σενάριο στην Ε.Μ.Υ είναι το RCP4.5, ενώ το ιστορικό σενάριο παρουσιάζει κατά 6 mm μικρότερη μέση

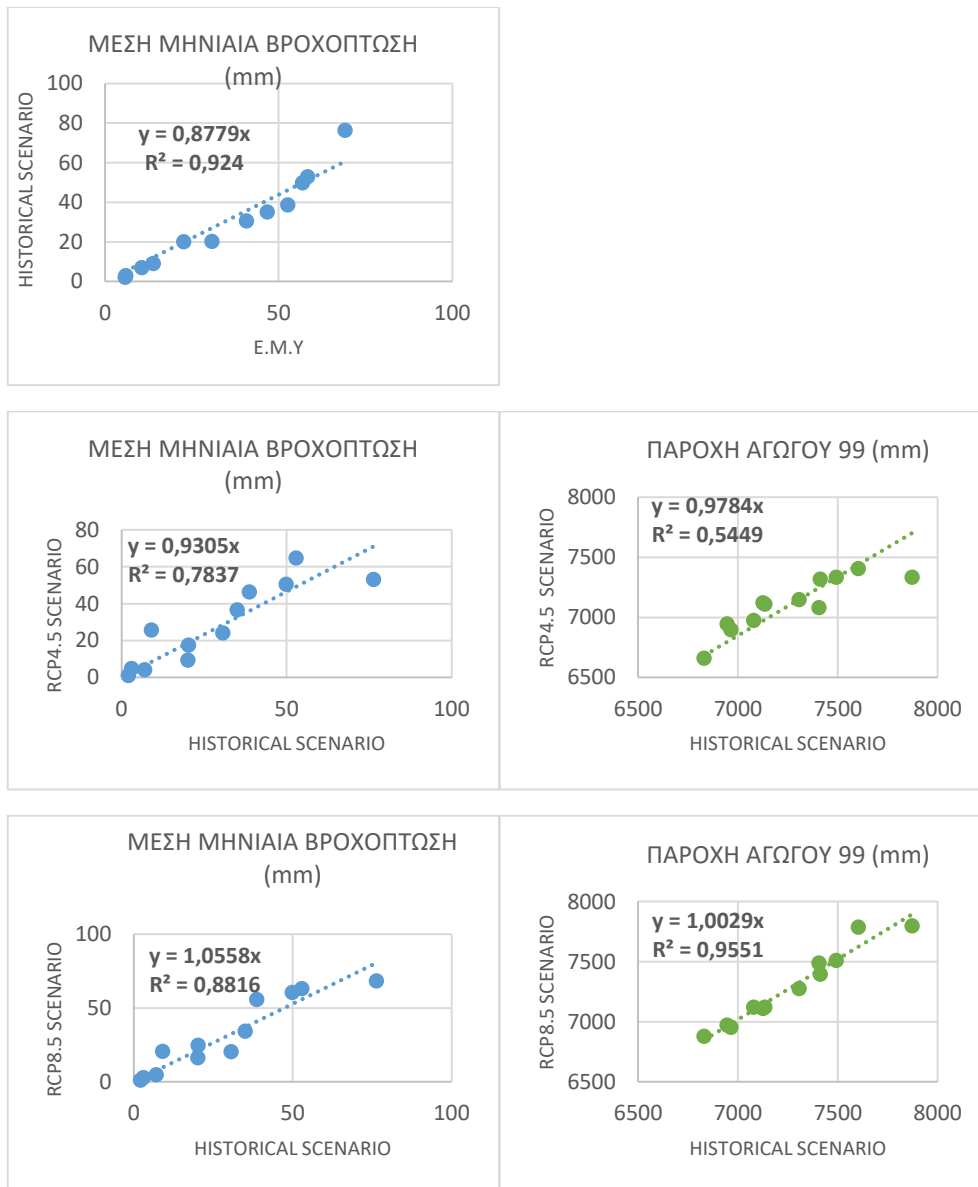
βροχόπτωση ενώ το RCP8.5 κατά 10 mm υψηλότερη. Ο Φεβρουάριος είναι για όλα τα σενάρια περίπου στα ίδια επίπεδα, εκτός από το ιστορικό που είναι κατά 5 mm μικρότερη. Τον Μάρτιο, τον Απρίλιο και τον Μάιο τα σενάρια έχουν παρόμοια συμπεριφορά ως προς τη σύγκριση τους και τη σύγκριση με τις παρατηρήσεις της Ε.Μ.Υ. Πιο συγκεκριμένα, έχουν μικρότερες βροχές από τις παρατηρήσεις της Ε.Μ.Υ, με λιγότερο βροχερό το σενάριο RCP4.5. Οι καλοκαιρινοί μήνες είναι πιο ξηροί για τα σενάρια σε σχέση με την Ε.Μ.Υ. Προχωρώντας, το Σεπτέμβρη το RCP4.5 είναι πιο κοντά στις πραγματικές παρατηρήσεις ενώ τα άλλα δύο σενάρια εμφανίζουν έναν πιο ξηρό μήνα. Ο Οκτώβριος είναι λιγότερο βροχερός και για τα τρία σενάρια με το RCP4.5 να έχει την μικρότερη μέση βροχόπτωση. Ο Νοέμβριος είναι πολύ κοντά στις πραγματικές παρατηρήσεις, ενώ ο Δεκέμβριος είναι κοντά μόνο για το RCP8.5 αφού το RCP4.5 παρουσιάζει μικρότερη βροχόπτωση από την Ε.Μ.Υ και το ιστορικό μεγαλύτερη από την Ε.Μ.Υ.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εν κατακλείδι, το πιο ξηρό σενάριο είναι το RCP4.5 και το πιο υγρό το RCP8.5, ωστόσο σε σύγκριση με την πραγματική βροχή παραμένει λιγότερο βροχερό. Τα αποτελέσματα του SWMM παρετίθενται στο παράρτημα Ζ. Ωστόσο, στην Εικόνα 5.43 παρουσιάζονται τεκμηριωμένα τα αποτελέσματα λόγω της ύπαρξης διαγραμμάτων σύγκρισης. Από την Εικόνα 5.43 προκύπτουν τα εξής:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP4.5 < historical < RCP8.5 & historical < Ε.Μ.Υ

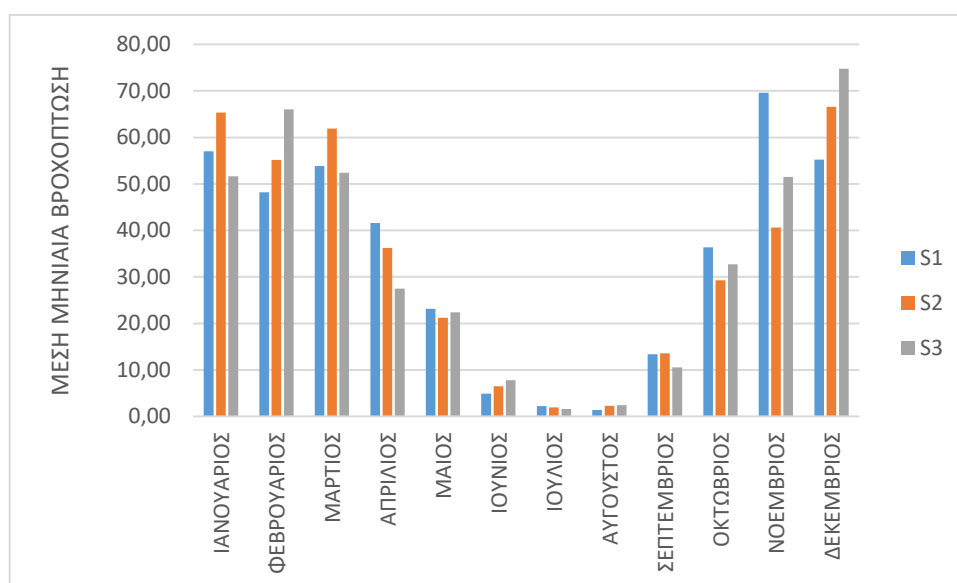
**Παροχή αγωγού 99:** RCP4.5 < historical < RCP8.5



Εικόνα 5. 43: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES

## 5.8 Μοντέλο KNMI-RACMO22E - ICHEC-EC-EARTH

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.44) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.8 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 44: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου KNMI-RACMO22E - ICHEC-EC-EARTH

Πίνακας 5.8: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HadGEM2-ES και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	57,03	65,35	51,65	56,90
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	48,20	55,12	66,01	46,70
ΜΑΡΤΙΟΣ	53,81	61,92	52,39	40,70
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	41,62	36,26	27,50	30,80
ΜΑΙΟΣ	23,13	21,20	22,38	22,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	4,92	6,51	7,77	10,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	2,24	1,96	1,61	5,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1,38	2,29	2,39	6,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13,38	13,60	10,54	13,90
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	36,37	29,25	32,74	52,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	69,64	40,65	51,49	58,30
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	55,21	66,62	74,76	69,10
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	406,94	400,73	401,23	414,10

Αρχίζοντας από τον Γενάρη, το ιστορικό σενάριο και το RCP 8.5 βρίσκονται πολύ κοντά στα πραγματικά δεδομένα της Ε.Μ.Υ. Το σενάριο RCP4.5 παρουσιάζει κατά 9 mm υψηλότερο ύψος βροχής από τα υπόλοιπα. Το Φεβρουάριο μόνο το ιστορικό σενάριο συγκλίνει προς τα δεδομένα της Ε.Μ.Υ ενώ το RCP 4.5 και το RCP 4.8 παρουσιάζουν υψηλότερες βροχοπτώσεις. Προχωρώντας στο Μάρτιο όλα τα σενάρια παρουσιάζουν υψηλότερο ύψος βροχής από την Ε.Μ.Υ με το RCP4.5 να προηγείται κατά περίπου 22 mm από τα δεδομένα της. Τον Απρίλιο, μόνο το ιστορικό μοντέλο παρουσιάζει μεγαλύτερη βροχή απ'τα υπόλοιπα. Τον Μάιο και τον Ιούνιο όλα τα σενάρια είναι κοντά στις πραγματικές μετρήσεις. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι πιο ξηρός για τα σενάρια. Ο Σεπτέμβριος είναι πολύ κοντά στις πραγματικές παρατηρήσεις και στα σενάρια ενώ ο Οκτώβριος εμφανίζεται πιο ξηρός στα σενάρια. Τον Νοέμβριο η υψηλότερη μέση βροχόπτωση συναντάται στο ιστορικό σενάριο, η χαμηλότερη στο RCP4.5 και το RCP8.5 παρουσιάζει μια μέση τιμή κοντά σε αυτή της Ε.Μ.Υ. Ο Δεκέμβριος αποτελεί ο λιγότερο βροχερός μήνας για το ιστορικό σενάριο σε αντίθεση με το RCP8.5.

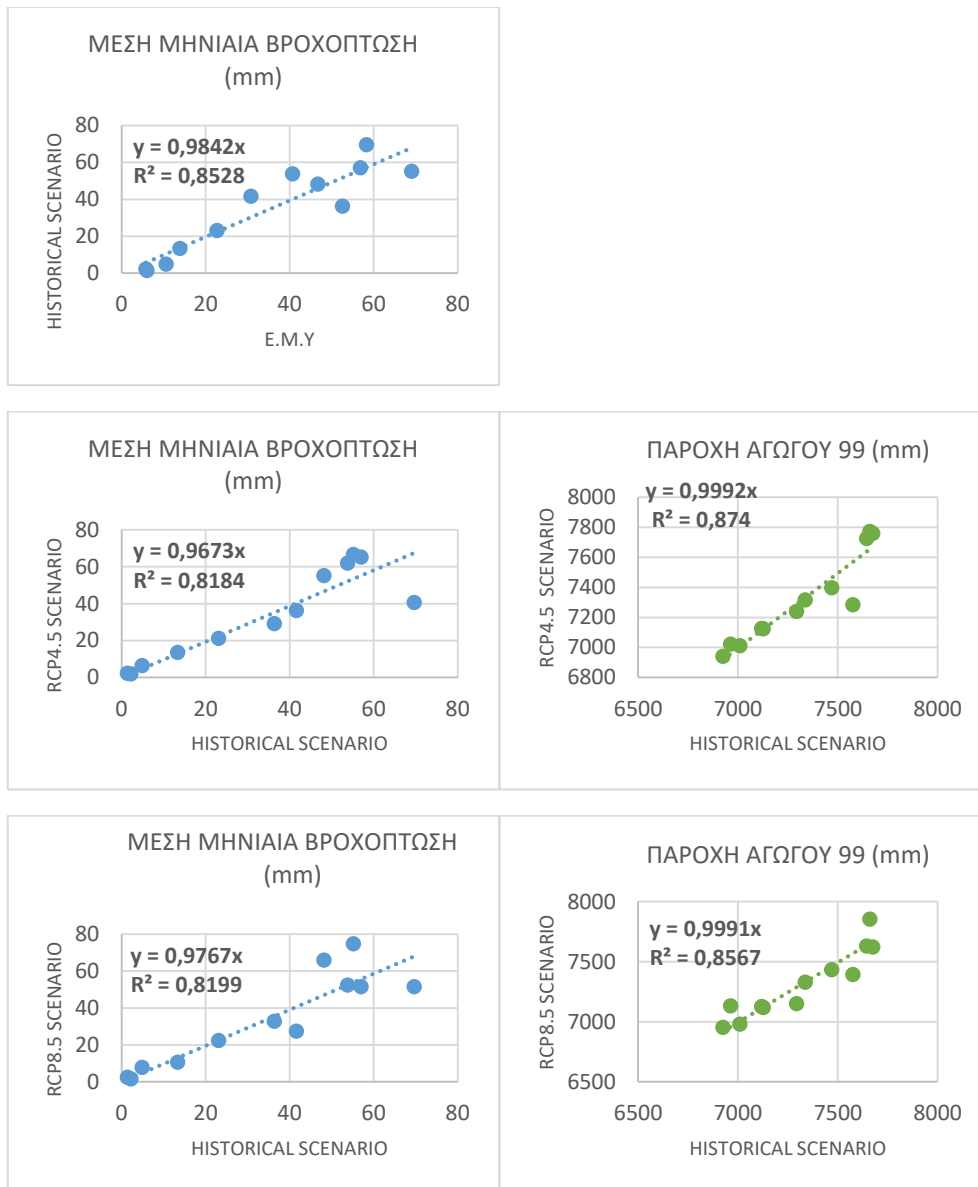
#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ετήσιες μέσες βροχές είναι πολύ κοντά για τα τρία σενάρια και την Ε.Μ.Υ. Σύμφωνα με το παράρτημα Ζ, οι μεγαλύτερες βροχοπτώσεις σημειώνονται το 2025 και το 2042 στο RCP4.5. Δεν παρατηρείται γεγονός πλημμύρας. Από τα διαγράμματα διασποράς (Εικόνα 5.45) προκύπτουν τα παρακάτω γενικεύματα και συνοπτικά συμπεράσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:**  $RCP4.5 \approx RCP8.5 < \text{historical} < E.M.Y$

**Παροχή αγωγού 99:**  $RCP8.5 \approx RCP4.5 < \text{historical}$

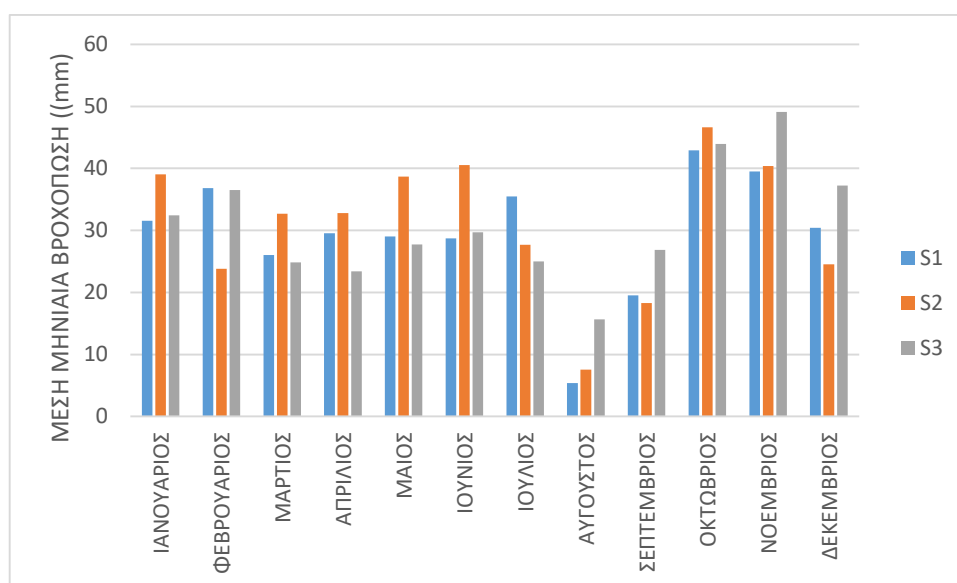
Τα σενάρια συγκλίνουν μεταξύ τους σημαντικά, καθώς επίσης και με τις παρατηρήσεις της Ε.Μ.Υ.



Εικόνα 5. 45: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου KNMI-RACMO22E - ICHEC-EC-EARTH

### 5.9 Μοντέλο IPSL-INERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.46) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP4.5) και S3 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.9 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 46: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου IPSL-INNERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR

Πίνακας 5.9: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του μοντέλου IPSL-INNERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR και της Ε.Μ.Υ

(mm)	S1-HISTORICAL 1976-2005	S2-RCP4.5 2021-2050	S3-RCP8.5 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	31,54	39,06	32,44	56,90
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	36,83	23,83	36,52	46,70
ΜΑΡΤΙΟΣ	26,01	32,70	24,86	40,70
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	29,53	32,78	23,42	30,80
ΜΑΙΟΣ	29,03	38,67	27,76	22,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	28,70	40,53	29,72	10,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	35,48	27,69	25,01	5,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	5,40	7,57	15,67	6,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	19,52	18,26	26,83	13,90
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	42,91	46,64	43,97	52,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	39,50	40,41	49,12	58,30
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	30,43	24,54	37,24	69,10
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	354,89	372,68	372,55	414,10

Το παρόν μοντέλο παρουσιάζει (Εικόνα 5.46) ακριβώς ίδια συμπεριφορά με το μοντέλο CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5, δηλαδή πολύ ξηρούς χειμώνες και πολύ υγρά καλοκαίρια. Για όλα τα σενάρια το ύψος βροχής του καλοκαιριού είναι διπλάσιο και τριπλάσιο από τις πραγματικές μετρήσεις (Πίνακας 5.9), ενώ οι βροχές των υπόλοιπων εποχών υποδιπλάσιες. Εξαιρέση αποτελεί ο μήνας Απρίλιος και Οκτώβριος που οι τιμές των σεναρίων συγκλίνουν σε αυτές της Ε.Μ.Υ.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

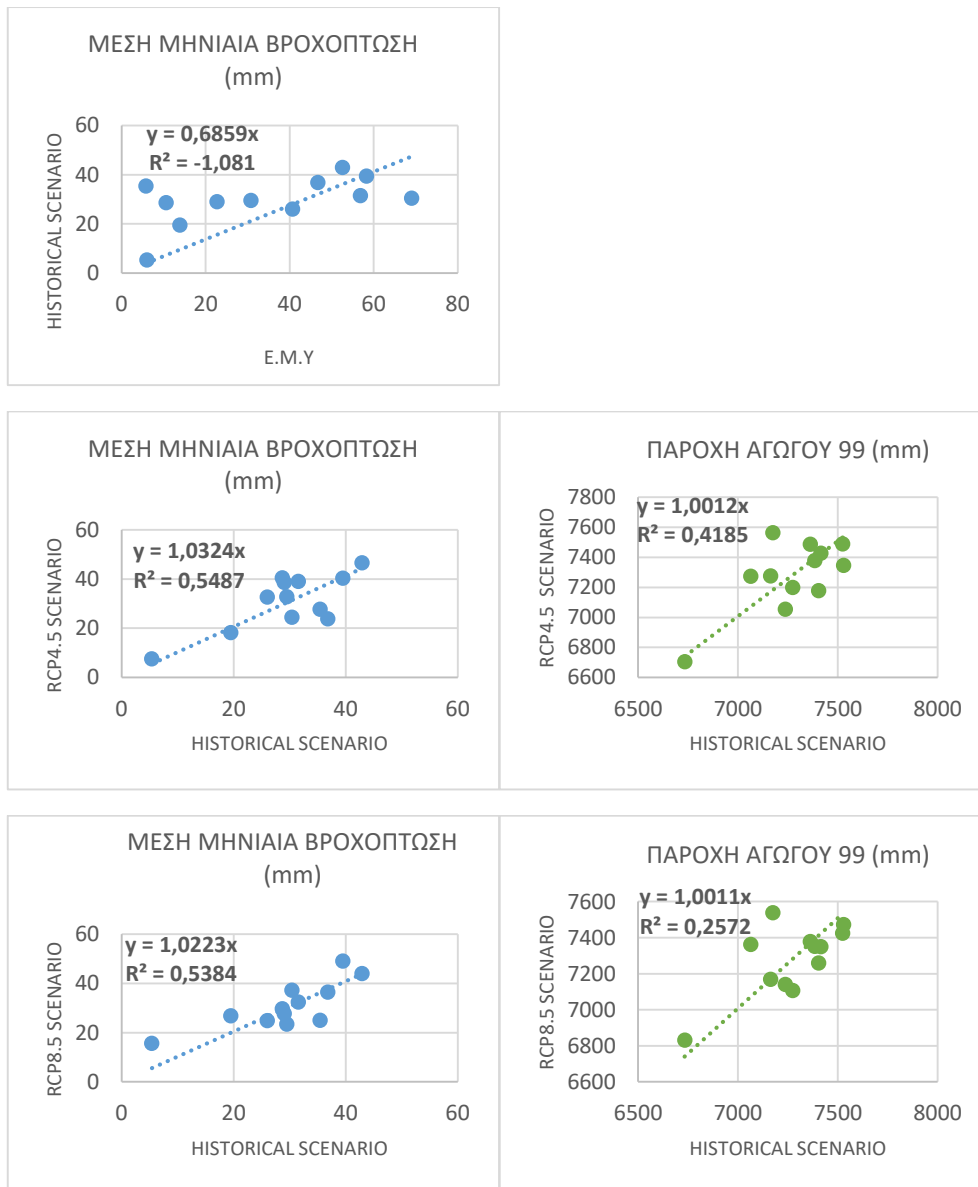
Πρόκειται για ένα αναξιόπιστο μοντέλο, με υπερεκτιμημένες καλοκαιρινές βροχοπτώσεις, που όμως στην μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει μικρότερες τιμές απ' ότι την Ε.Μ.Υ. Τα αποτελέσματα του SWMM παρουσιάζονται στο παράρτημα Η και δεν παρατηρείται συμβάν πλημμύρας. Η σύγκριση των σεναρίων προκύπτει από την Εικόνα 5.47 και τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις: historical < RCP8.5 < RCP4.5 & historical < Ε.Μ.Υ με R2 < 0**

**Παροχή αγωγού 99: historical < RCP8.5 < RCP4.5**

Το πιο ξηρό σενάριο είναι το ιστορικό και το πιο υγρό το RCP4.5, ωστόσο δεν έχουν μεγάλη απόκλιση τα σενάρια μεταξύ τους, αλλά έχουν μεγάλη διαφορά με τις πραγματικές παρατηρήσεις γι αυτό και το μοντέλο δεν φέρει επαρκή αξιοπιστία.

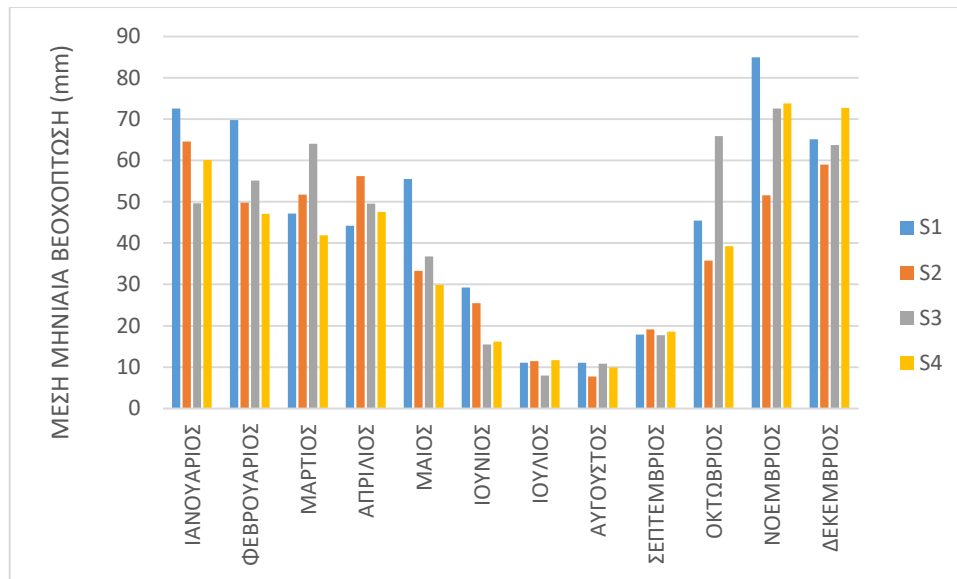




Εικόνα 5. 47: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου IPSL-INERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR

### 5.10 Μοντέλο MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

Στο παρακάτω ιστόγραμμα (Εικόνα 5.48) παρατείνονται οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις των τριών σεναρίων S1 (ιστορικό σενάριο), S2 (RCP2.6), S3 (RCP4.5) και S4 (RCP8.5) του παρόντος μοντέλου και στον Πίνακα 5.10 προστίθεται και τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ με σκοπό την διεξοδική σύγκριση των σεναρίων μεταξύ τους και με τις παρατηρήσεις, για κάθε μήνα.



Εικόνα 5. 48: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

Πίνακας 5.10: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις του MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR και της Ε.Μ.Υ

(mm)	HISTORICAL SC. 1976-2005	RCP2.6 SC. 2021-2050	RCP4.5 SC 2021-2050	RCP8.5 SC. 2021-2050	Ε.Μ.Υ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	72,53	64,56	49,61	60,07	56,90
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	69,75	49,77	55,12	47,09	46,70
ΜΑΡΤΙΟΣ	47,13	51,72	64,02	41,86	40,70
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	44,17	56,23	49,53	47,54	30,80
ΜΑΙΟΣ	55,47	33,31	36,78	29,91	22,70
ΙΟΥΝΙΟΣ	29,26	25,45	15,49	16,20	10,60
ΙΟΥΛΙΟΣ	11,09	11,47	7,97	11,67	5,80
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	11,03	7,73	10,79	9,86	6,00
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	17,89	19,07	17,75	18,54	13,90
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	45,46	35,74	65,86	39,23	52,60
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	84,94	51,52	72,53	73,82	58,30
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	65,09	59,02	63,75	72,67	69,10
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	553,81	465,60	509,19	468,46	414,10

Σε γενικές γραμμές, για τον μήνα Ιανουάριο και το Φεβρουάριο, το ιστορικό σενάριο παρουσιάζει την υψηλότερη βροχή. Τα υπόλοιπα σεναρια παρουσιάζουν μεγαλύτερες βροχές από την Ε.Μ.Υ εκτός από το RCP4.5 τον Ιανουάριο. Το μήνα Μάρτιο, το ιστορικό και το RCP8.5 παρουσιάζουν κοντινές βροχοπτώσεις σε αυτές της Ε.Μ.Υ, ενώ το RCP2.6 και RCP4.5 υψηλότερες βροχοπτώσεις κατά 11 και 24 mm

αντίστοιχα. Ο Απρίλιος είναι πολύ πιο βροχερός για όλα τα σενάρια σε σχέση με την Ε.Μ.Υ. Ο Μάιος είναι ιδιαίτερα βροχερός για το ιστορικό σενάριο και για το RCP2.6 ενώ τα υπόλοιπα σενάρια είναι πολύ κοντά στις πραγματικές βροχές. Το καλοκαίρι είναι ιδιαίτερα βροχερό σε σχέση με την πραγματικότητα, με το ιστορικό σενάριο να είναι ιδιαίτερα έντονο με 19 mm περισσότερη βροχή απ'ότι τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ. Ο Αύγουστος αν και είναι πιο υγρός απ'τις πραγματικές μετρήσεις, δεν παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις. Ο Σεπτέμβριος είναι κοντά για όλα τα σενάρια, τα οποία απέχουν κατά περίπου 4 mm απ την Ε.Μ.Υ. Τον Οκτώβριο, πιο έντονο είναι το σενάριο RCP4.5 που έχει αρκετά υψηλότερη βροχόπτωση και το RCP2.6 αρκετά μικρότερη από την Ε.Μ.Υ. Ο Νοέμβριος παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές, με το ιστορικό να προηγείται κατά 25 mm από τις πραγματικές μετρήσεις και τα σενάρια RCP4.5 , RCP8.5 να έχουν μεγαλύτερη βροχόπτωση κατά 12 mm. Τέλος, τον Δεκέμβριο ενδιαφέρον δείχνει το RCP2.6 που έχει την μεγαλύτερη απόκλιση προς τα κάτω με 10 mm από την Ε.Μ.Υ.

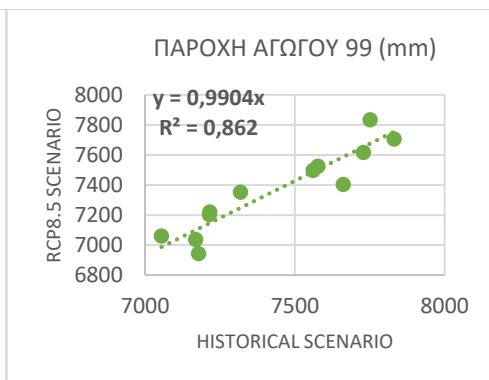
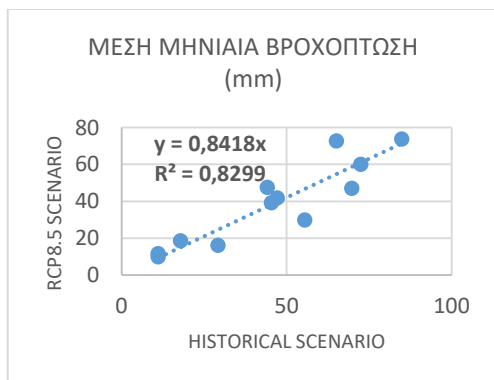
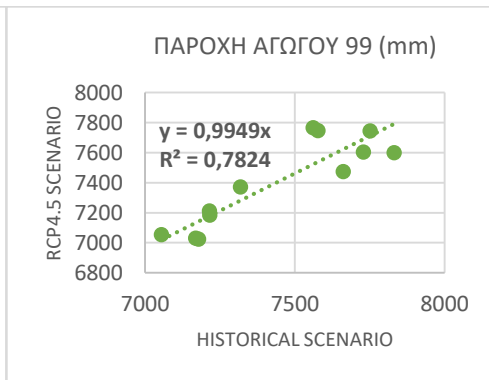
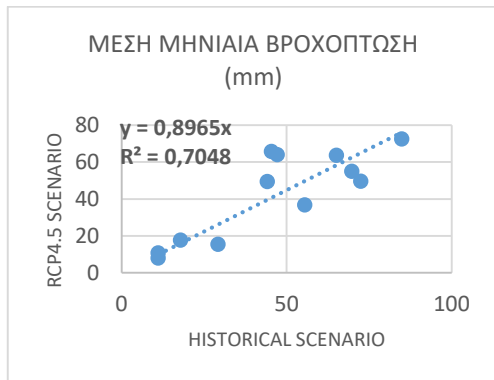
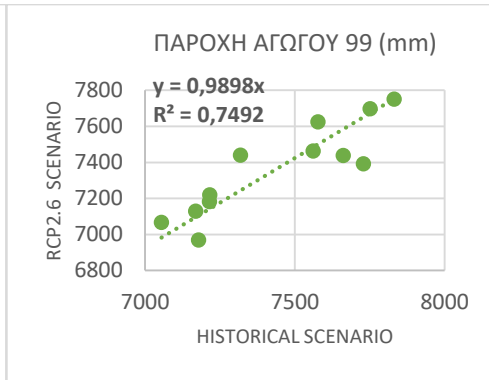
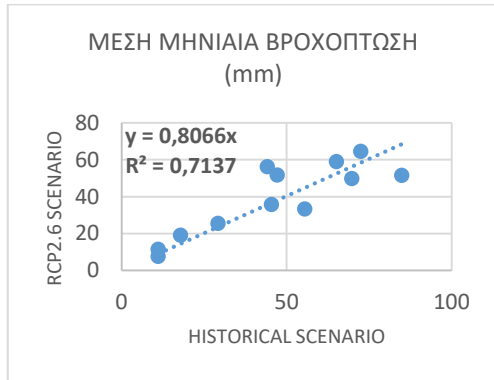
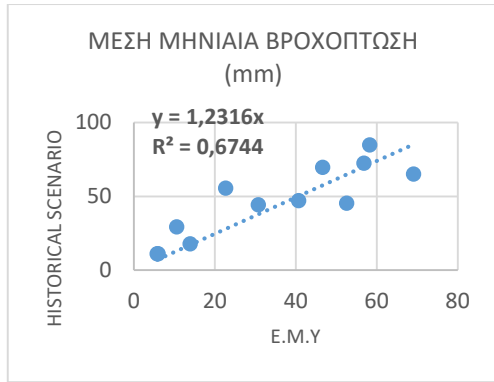
#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι το μοναδικό μοντέλο που δίνει μεγαλύτερες μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις από την Ε.Μ.Υ Σύμφωνα με το παράρτημα Θ, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στο RCP8.5 τα έτη 2041 και 2047, ωστόσο και πάλι δεν πραγματοποιείται συμβάν πλημμύρας. Στη Εικόνα 5.49 πραγματοποιείται γραμμική συσχέτιση των σεναρίων και προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

**Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις:** RCP2.6 < RCP8.5 < RCP4.5 < historical & historical >> Ε.Μ.Υ

**Παροχή αγωγού 99:** RCP8.5 < RCP2.6 < RCP4.5 < historical

Το ιστορικό σενάριο είναι πολύ πιο βροχερό από τις πραγματικές παρατηρήσεις (historical >> Ε.Μ.Υ).



Εικόνα 5. 49: Διαγράμματα διασποράς του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 6.1 Γενικά συμπεράσματα

Με βάση την μελέτη των μοντέλων ως προς τις χρονοσειρές των βροχοπτώσεων, καθώς επίσης και η συμπεριφορά του δικτύου στην έκθεση του σε αυτές τις βροχοπτώσεις οδηγούν στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Δεν προέκυψε **ΚΑΝΕΝΑ ΓΕΓΟΝΟΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ**, καθώς η βροχή είναι ανηγμένη σε όλη την ημέρα, οπότε η ένταση δεν είναι αντιπροσωπευτική της πραγματικότητας - είναι πολύ μικρότερη
- Στα μοντέλα κυριαρχεί η άποψη της μελλοντικής μείωσης των βροχοπτώσεων – **ΞΗΡΑΣΙΑ με μεμονομένα γεγονότα ακραίων βροχοπτώσεων**, εξαιρείται το μοντέλο MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR
- Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δεν ήταν αληθοφανή καθώς απαιτείται η αλλαγή της χωρικής και χρονικής ανάλυσης των δεδομένων των χρονοσειρών.
- Τα μοντέλα και **CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 και IPSL-INNERIS-WRF331F - IPSL-IPSL-CM5A-MR** δεν είναι αξιόπιστα σύμφωνα με την παράγραφο 5.4 και 5.9 αντίστοιχα

### 6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Με αφορμή την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας δημιουργήθηκαν κάποιες ανάγκες για περαιτέρω έρευνα σχετικά με το αντικείμενο με σκοπό την ύπαρξη πιο ολοκληρωμένων συμπεράσματος για την επιρροή της κλιματικής λεκάνης στην περιοχή μελέτης. Μια πιο σφαιρική άποψη, θα μπορούσε να αποδειχθεί κατατοπιστική στη λήψη μέτρων αντιμετώπισης των κλιματικών φαινομένων σε ατομικό και εθνικό επίπεδο.

Αναλυτικότερα :

- Μία έρευνα, που θα πραγματοποιούσε προσομοιώσεις στο SWMM των παρόντων κλιματικών μοντέλων, με χρονοσειρές ημερήσιων βροχοπτώσεων για την περίοδο 2050-2100, θα ολοκλήρωνε την παρούσα διπλωματική εργασία καθώς θα έδινε μεγαλύτερη προοπτική ως αφορά τις αλλαγές στις κατακρημνίσεις μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα και θα εξαντλούσε έτσι την διαθέσιμη πρόγνωση που δίνουν τα κλιματικά μοντέλα.
- Μία έρευνα, που θα αφορούσε τις ίδιες χρονικές περιόδους με την παρούσα διπλωματική εργασία, δηλαδή την περίοδο 1976-2005 και 2021-2050, με αντικείμενο όμως τα θερμοκρασιακά δεδομένα απ'τα ίδια μοντέλα, θα έδινε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τα κλιματικά μελλοντικά δρώμενα στην περιοχή μελέτης.
- Επίσης, μια ενδιαφέρουσα μελέτη θα μπορούσε να είναι η απαλοιφή των σφαλμάτων (bias correction) στα μοντέλα CNRM-ALADIN53- CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 ,IPSL-INERIS-WRF331F-SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR τα οποία απέχουν πολύ από τις δεδομένες παρατηρήσεις της Ε.Μ.Υ.
- Τέλος, θα ήταν πολύ χρήσιμο η αλλαγή της χρονικής ανάλυσης των δεδομένων των χρονοσειρών και επανάληψη της έρευνας ώστε να έχουμε αληθοφανή αποτελέσματα

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βλαχογιάννη Μ., 2019. Κλιματική αλλαγή και προβλέψεις με παγκόσμια κλιματικά μοντέλα. Εργαστήριο περιβαλλοντικών ερευνών, Ινστιτούτο Πυρηνικών & Ραδιολογικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Ενέργειας και Ασφάλεια.
- Ευστρατιάδης Α., 2019. Σημειώσεις Μαθήματος Αστικές Αποχετεύσεις, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
- Ζαφειράκου Α., 2015. Σημειώσεις Μαθήματος Υδρεύσεις – Αποχετεύσεις – Αρδεύσεις, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Θεσσαλονίκης.
- Κατσαφάδος Π., Μαυροματίδης Η., 2015. Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή, Αθήνα.
- Καρτάλης Κ., Κοκκώσης Χ., Οικονόμου Δ., Σανταμούρης Μ., Αγαθαγγελίδης Η., Πολύδωρος Α., Κρομμύδα Β., Κουτσοπούλου Α., 2017. Οι Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ανάπτυξη, Διανέοσις-Οργανισμός έρευνας και Ανάλυσης
- Κούρτης Ι., 2016. Προσομοίωση παντοροϊκού δικτύου με το λογισμικό SWMM και πρόταση μέτρων αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
- Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ., 1999. Τεχνική Υδρολογία, Αθήνα.
- Μπούκας Β., 2019. Έλεγχος αποτελεσματικότητας εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης ομβρίων υδάτων σε αστικές λεκάνες με τη χρήση του λογισμικού SWMM, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

- Σκαρλάτου Σ., 2017. Η κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα, Πτυχιακή εργασία, ,ΤΕΙ Μεσολλογίου.
- Τσακίρης Γ., 2010. Υδραυλικά Έργα-Σχεδιασμός και Διαχείριση (Τόμος Ι: Αστικά Υδραυλικά Έργα), Αθήνα.
- Τσακίρης Γ., 2013. Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία & Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Αθήνα.
- Τσιχριντζής Β., 1999. Οικολογική Μηχανική και Τεχνολογία (Τόμος Ι: Διαχείριση Απορροής, Ρύπων και Φερτών), Ξάνθη.
- Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβολές στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος. Περιφερειακό σχέδιο για την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή ,Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος
- Π.Δ 696/74 (1974). Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξιν μελετών, επίβλεψιν, παραλαβήν κ.λπ. Συγκοινωνιακών, Υδραυλικών και Κτιριακών Έργων, ως και Τοπογραφικών, Κτηματογραφικών και Χαρτογραφικών εργασιών και των σχετικών τεχνικών προδιαγραφών μελετών.

#### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008. Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI ,2008
- Berggren K., Olofsson M., Viklander M., Svensson G., Gustafsson A.M., 2013. Hydraulic Impacts on Urban Drainage Systems due to Changes in Rainfall by Climate Change



- Broto V. C., Bulkeley H., 2013. A survey of urban climate change experiments in 100 cities
- Frei C., Schöll R., Fukutome S., Schmidli J., Vidale P. L., 2006. Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models
- Guerreiro S. B., Dawson R. J., Kilsby C., Lewis E. & Ford A., 2018. Future heat-waves, droughts and floods in 571 European cities
- Hydroplan – EU 2006
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2013. Evaluation of Climate Models
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2014. Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2018. Global Warming of 1,5 °C
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2018. Glossary
- Karacostas T. S., Bais A. F., Nastos P. T., 2017. Perspectives on Atmospheric Sciences
- Nastos P.T. & Zerefos C. S, 2006. On extreme daily precipitation totals at Athens, Greece
- Riahi K., Rao S., Krey V., Cho C., Chirkov V., Fischer G., Kindermann G., Nebojsa Nakicenovic & Peter Rafaj, 2011. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions

- Thomson A. M., Calvin K. V., Smith S. J., Kyle G. P., Volke A., Patel P., Delgado-Arias S., Bond-Lamberty B., Wise M. A., Clarke L. E. & Edmonds J. A., 2011. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100
- Rossman L.A., 2010. Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0, United States Environmental Protection Agency.
- Rossman L. ,2015. Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – hydrology, EPA/600/R-05/040, U.S Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- Rossman L.A., 2016. Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.1, United States Environmental Protection Agency.
- Vanderkelen I., Zschleichler J, Gudmundsson L., Keuler K., Rineau F., Beenaerts N., Vangronsveld J., and Thiery W., 2019. A new approach for assessing climate change impacts in ecotron experiments
- Velasquez P., Messmer M., and Raible C. C., 2019. A new bias-correction method for precipitation over complex terrain suitable for different climate states
- Vuuren D.F., Stehfest E., Michel G. J. den Elzen, Kram T., Vliet J., Deetman S., Isaac M., Goldewijk K. K., Hof A., Beltran A. M., Oostenrijk R. & Ruijven B., 2011. RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C

#### ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

#### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022\\_daras.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2022/m2022_daras.pdf)

[https://www.dianeosis.org/2017/06/climate\\_change/](https://www.dianeosis.org/2017/06/climate_change/)

<http://hk-climate.org/el/models.html>

[https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2017/06/climate\\_change10.pdf](https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2017/06/climate_change10.pdf)

<https://www.deyal.gr/apoxeteusi/kanonismos-apoxeteusis.html>

[http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1039/document/UrbanHydro\\_SewageWorks.pdf](http://mycourses.ntua.gr/courses/PSTGR1039/document/UrbanHydro_SewageWorks.pdf)

<https://www.eydap.gr/>

<https://floods.ypeka.gr/>

<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>

<https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>

[https://ec.europa.eu/clima/change/causes\\_el](https://ec.europa.eu/clima/change/causes_el)

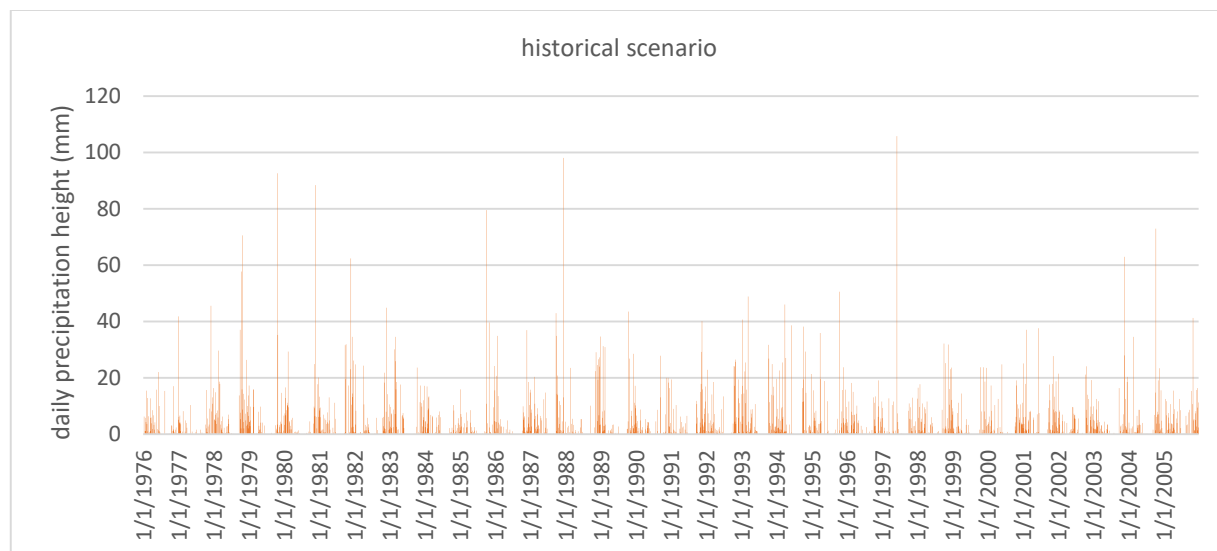
<https://www.ipcc.ch/>

<https://gisclimatechange.ucar.edu/question/63>

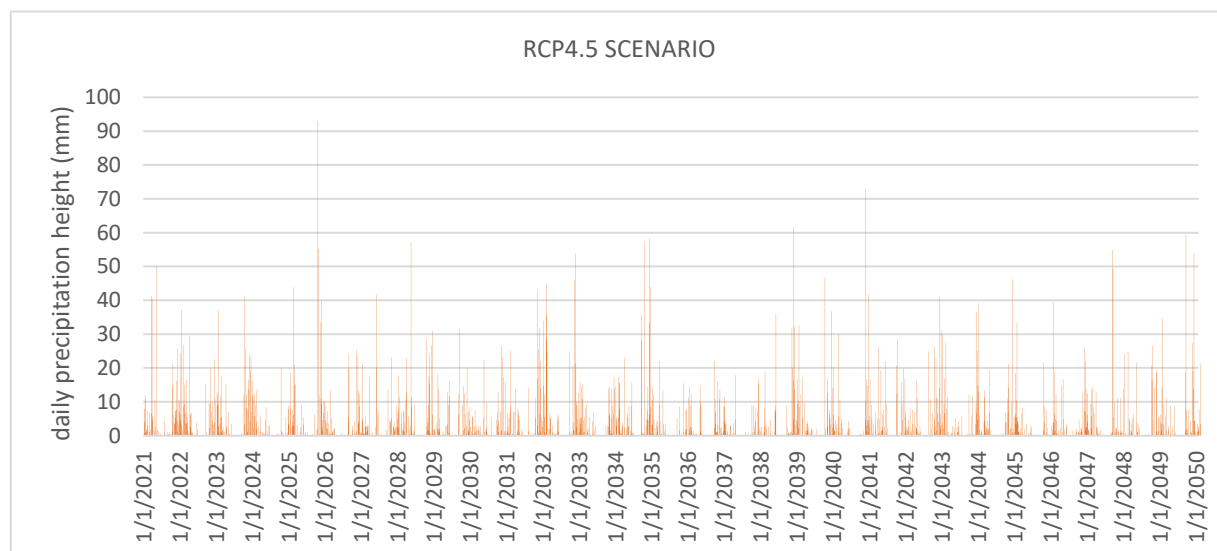
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ CLMcom-CCM4-8-17 - ΜΟΗC-HadGEM2-ES

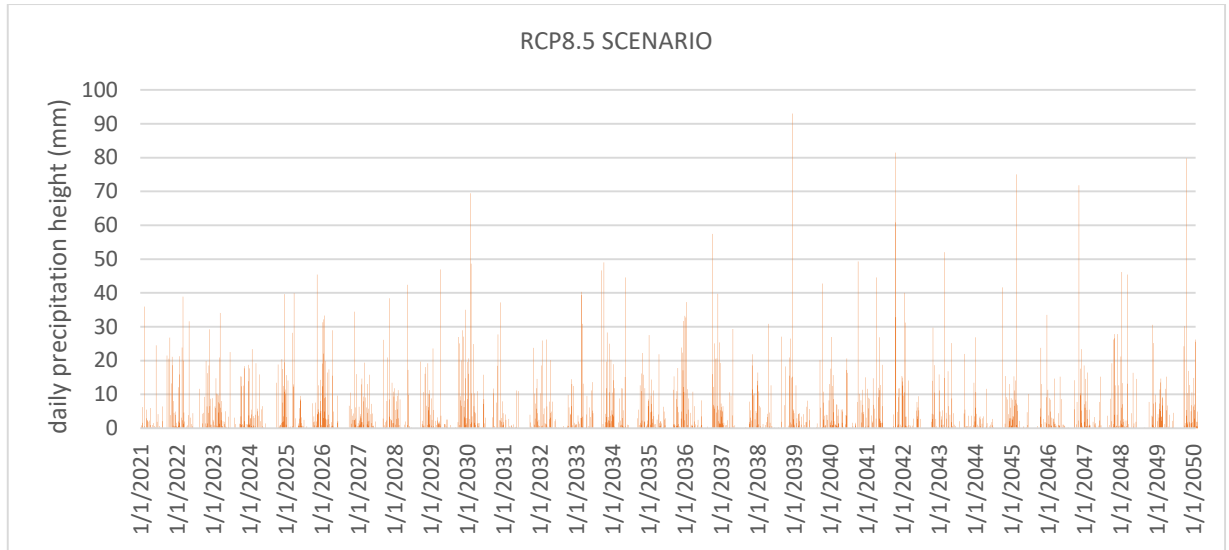
#### ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ



A.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-ΜΟΗC-HadGEM2-ES

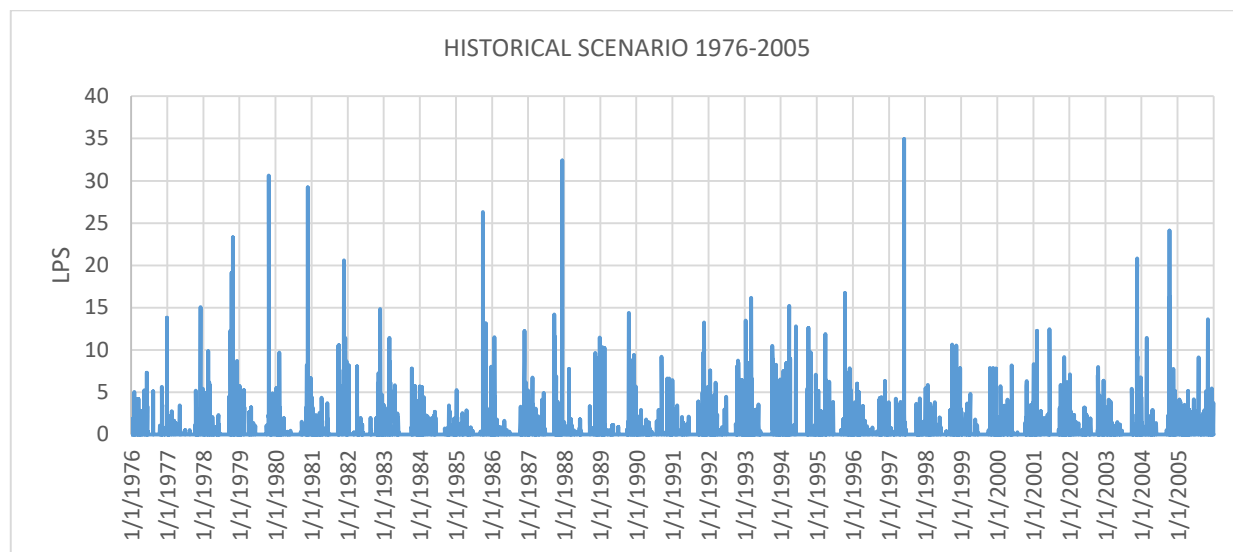


A.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-ΜΟΗC-HadGEM2-ES

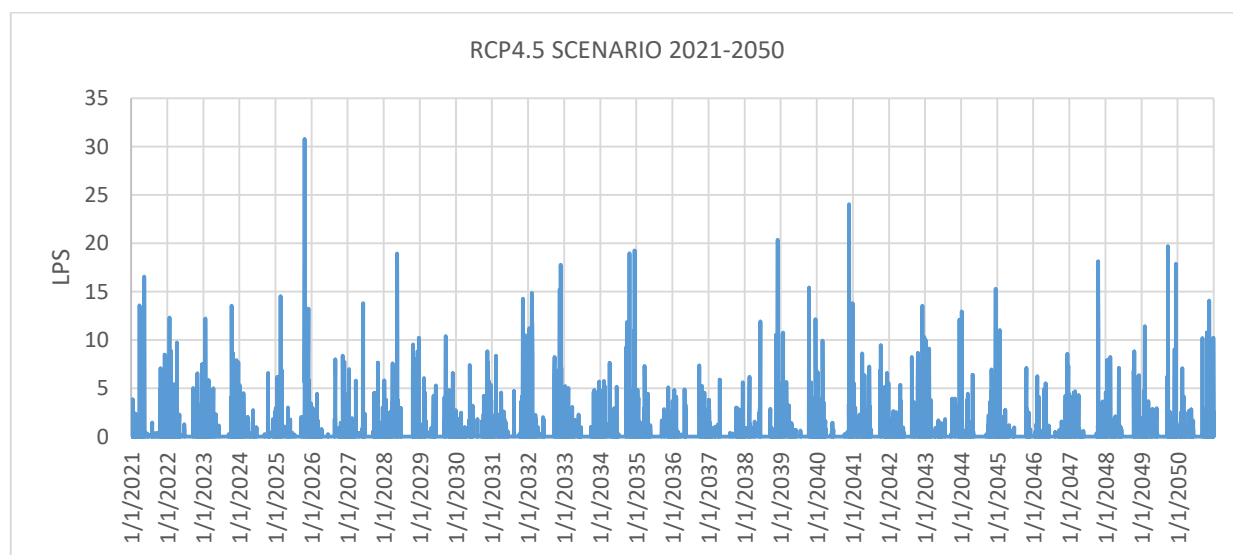


Α.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

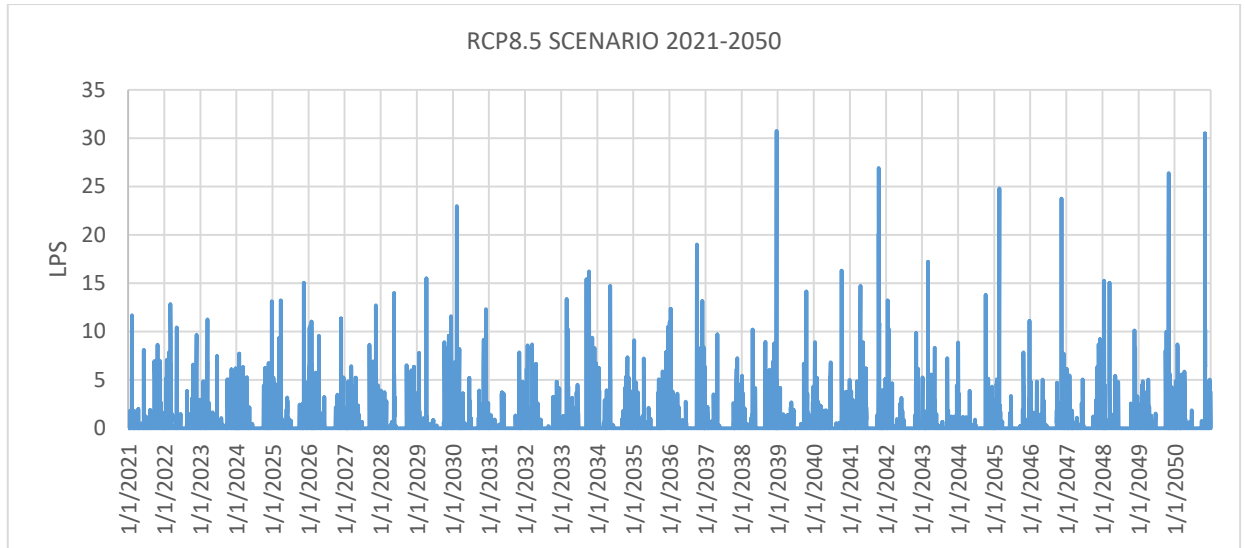
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



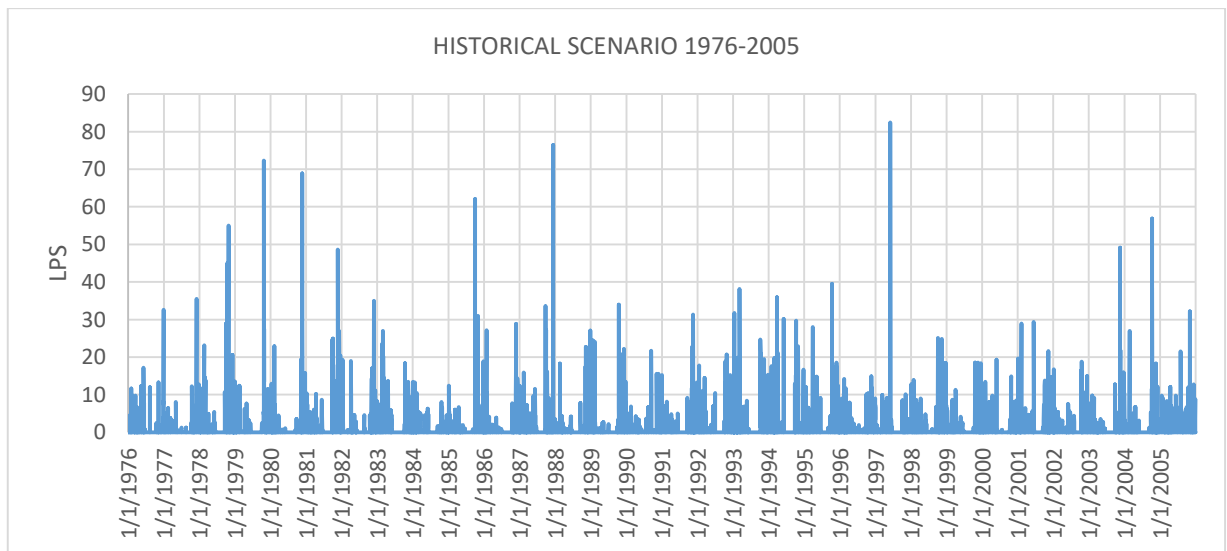
A.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



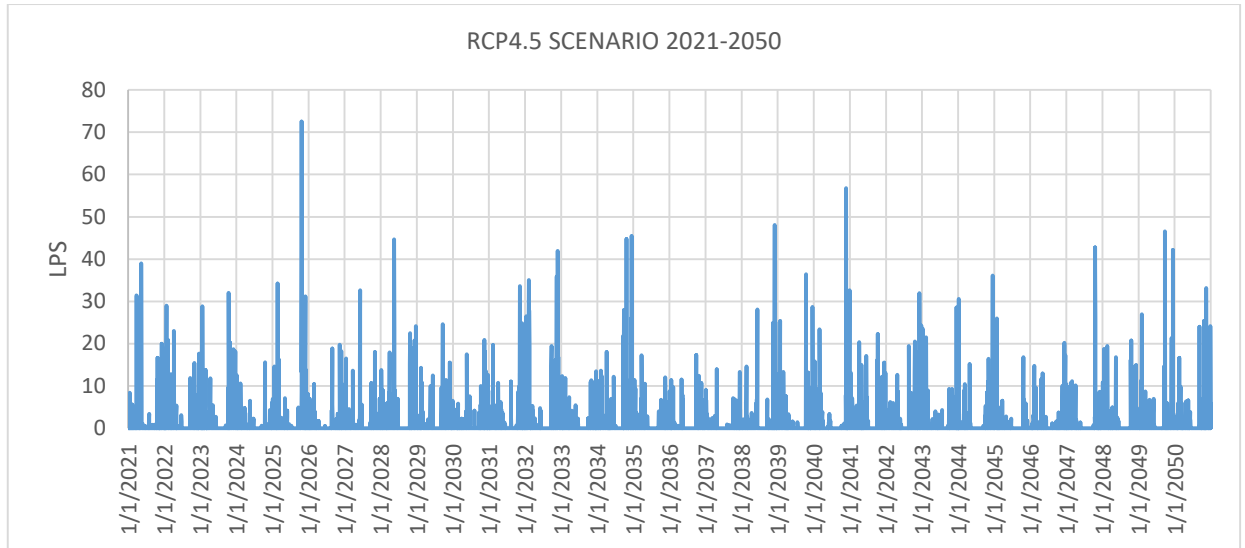
A.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



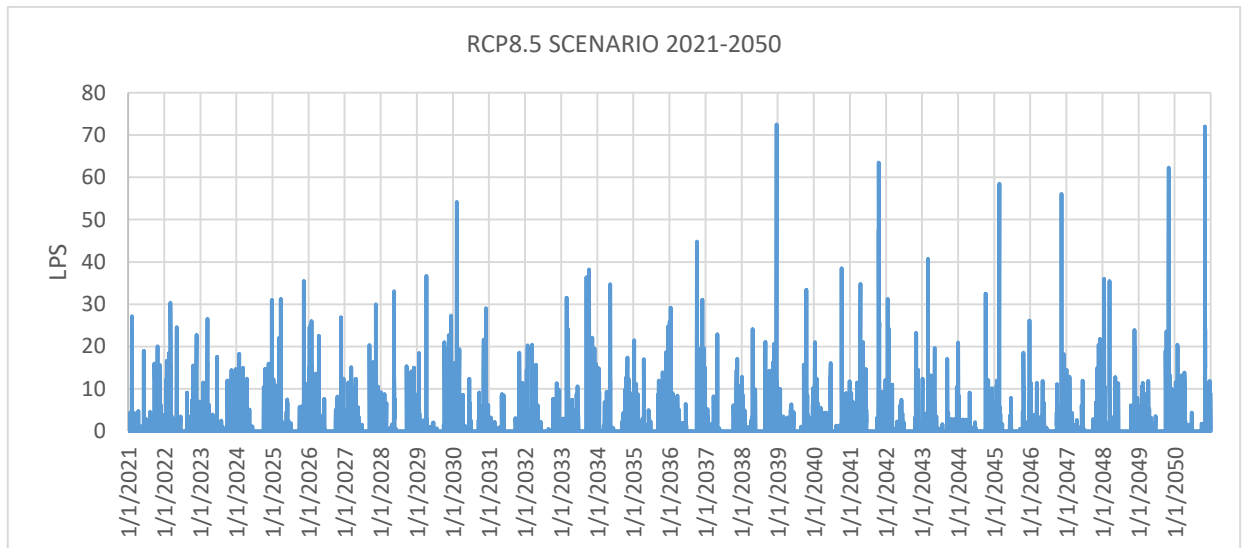
A.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



A.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



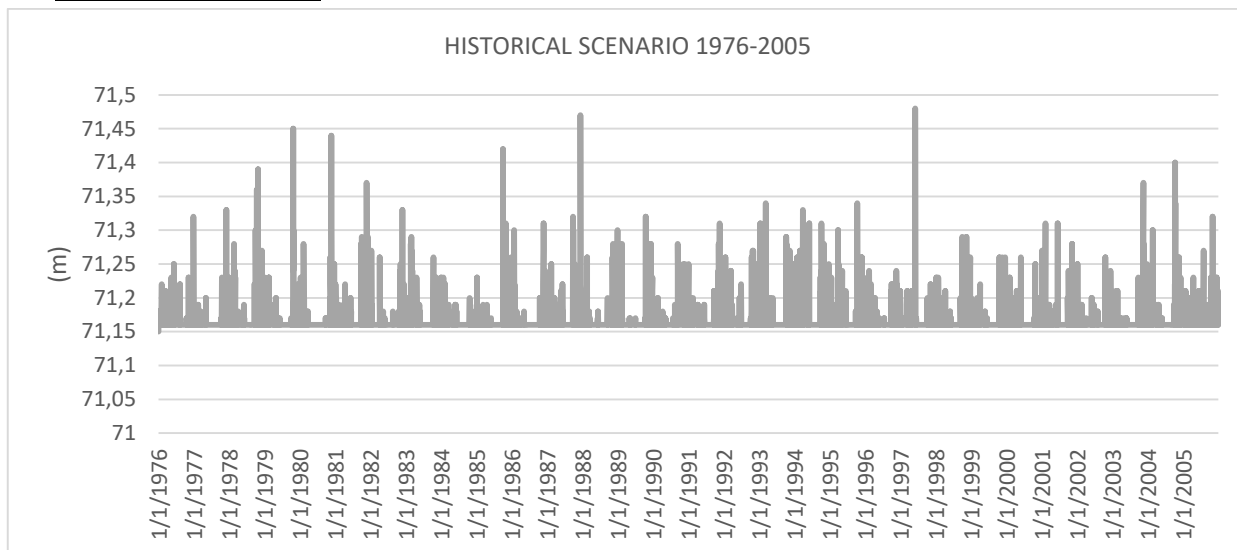
A.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



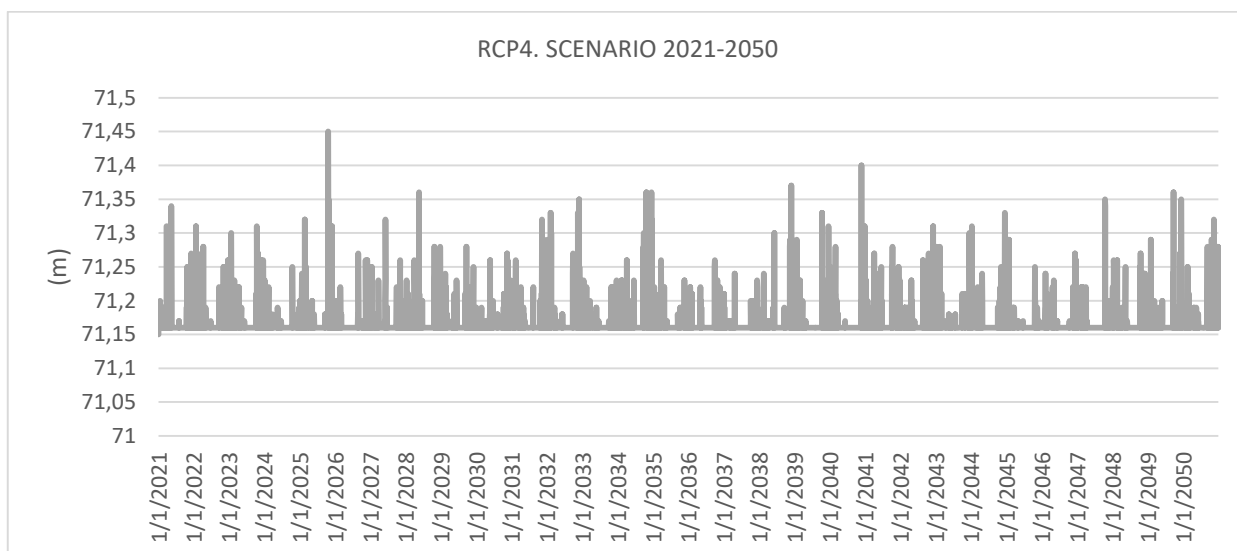
A.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



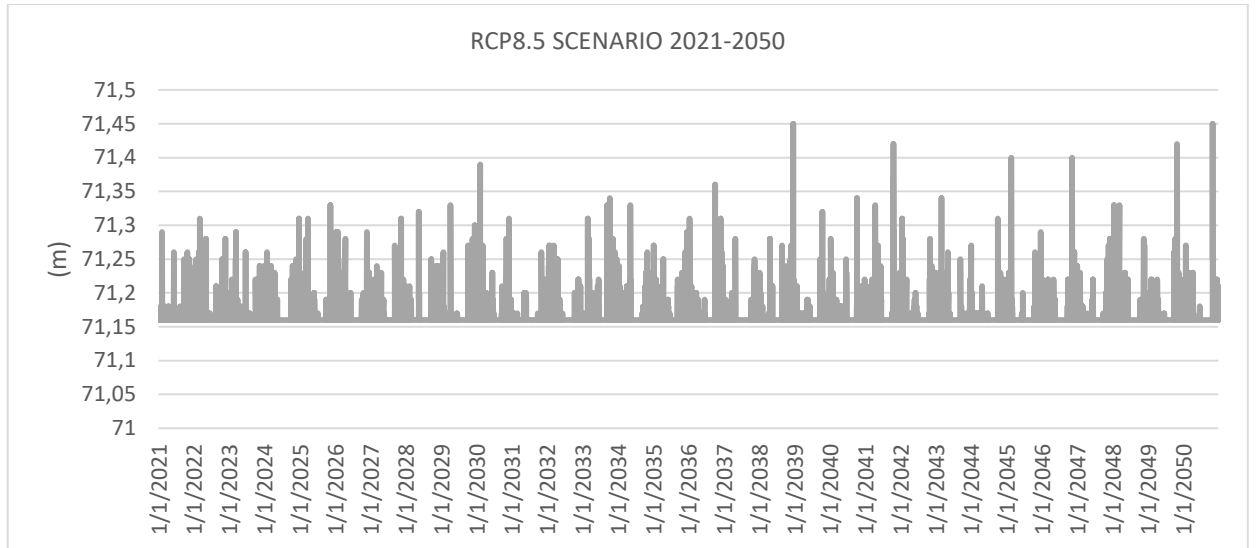
## 1. ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



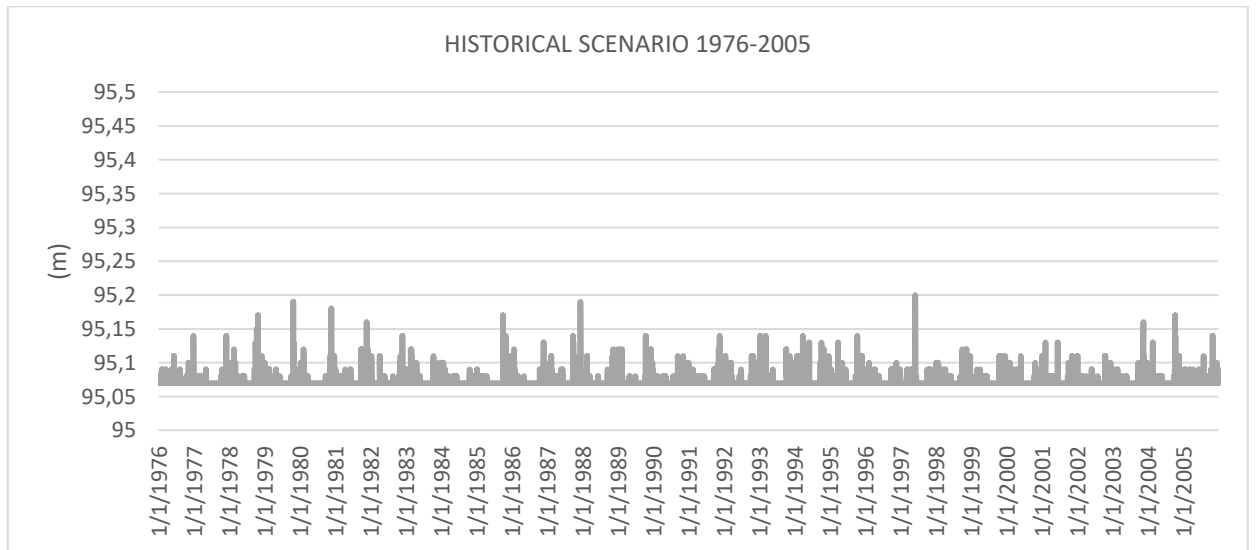
A.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



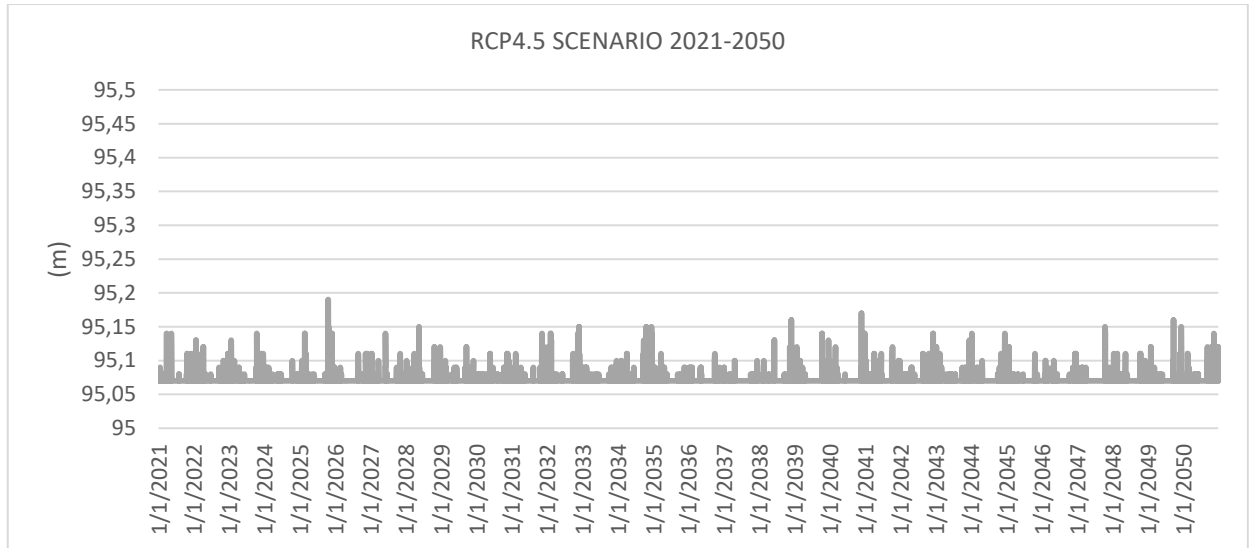
A.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



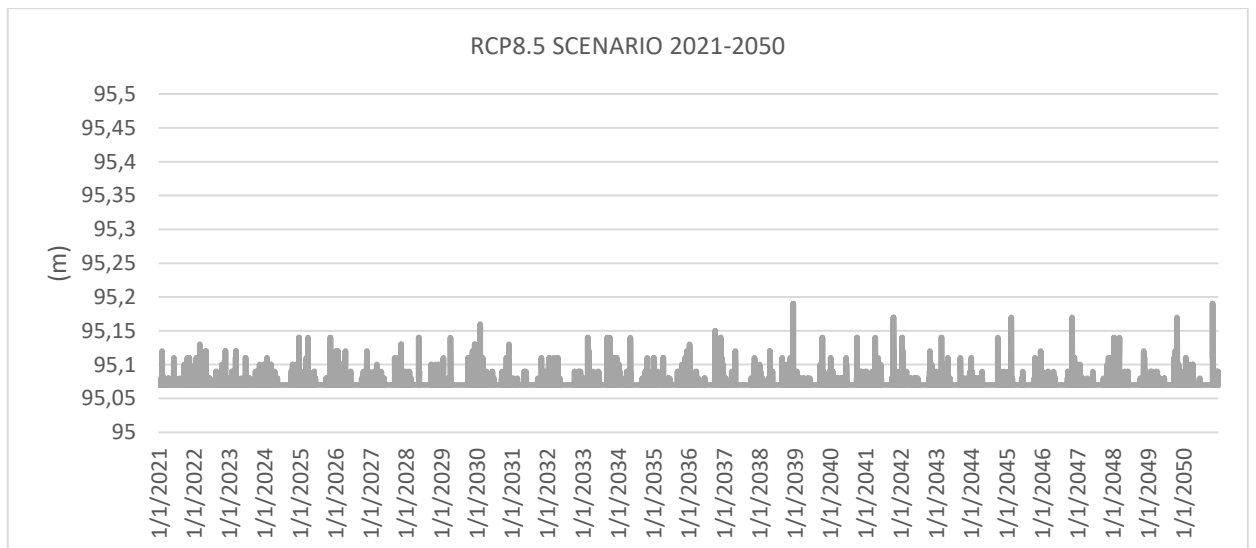
A.12 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



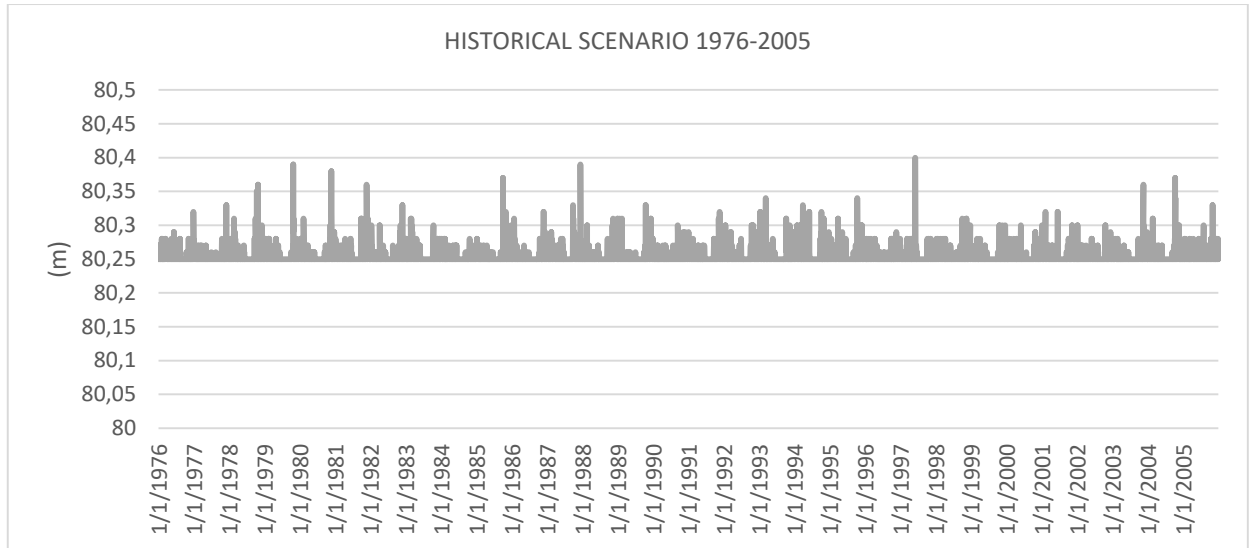
A.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



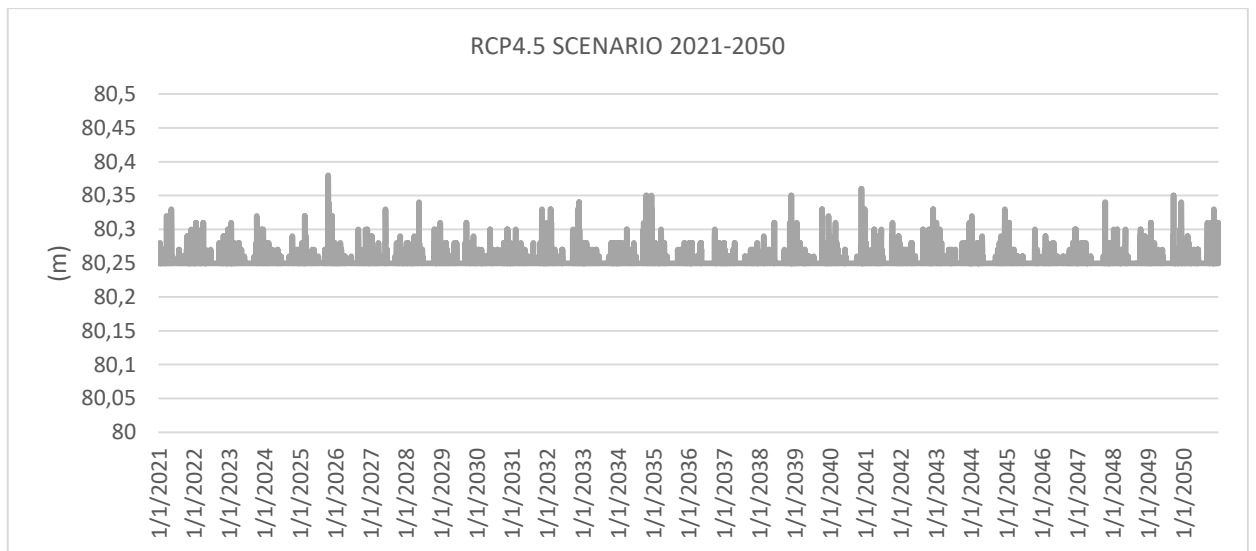
A.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



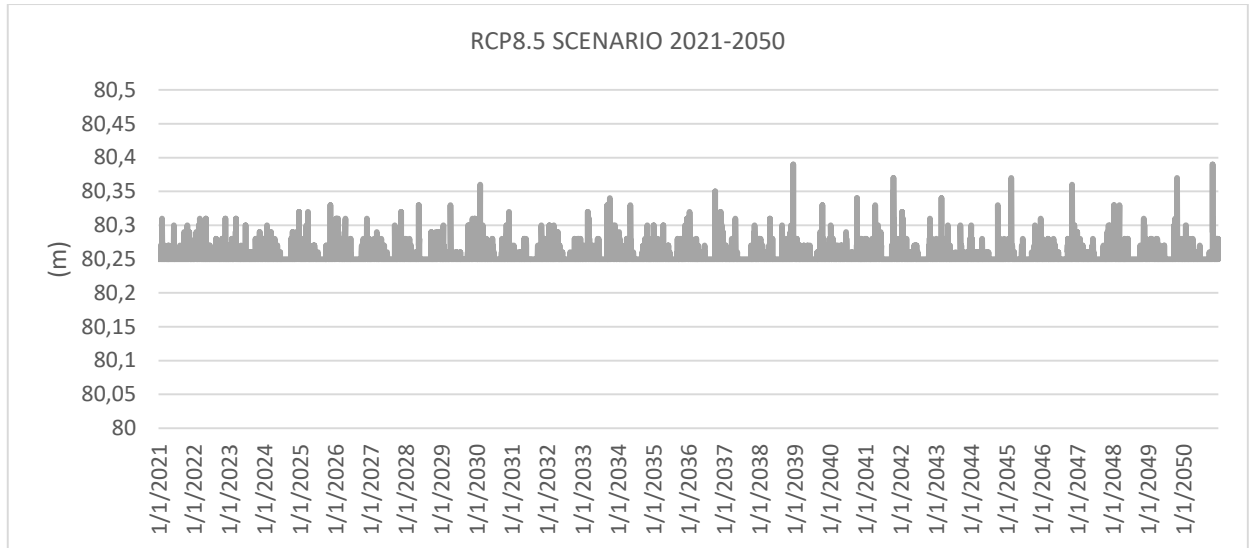
A.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



A.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

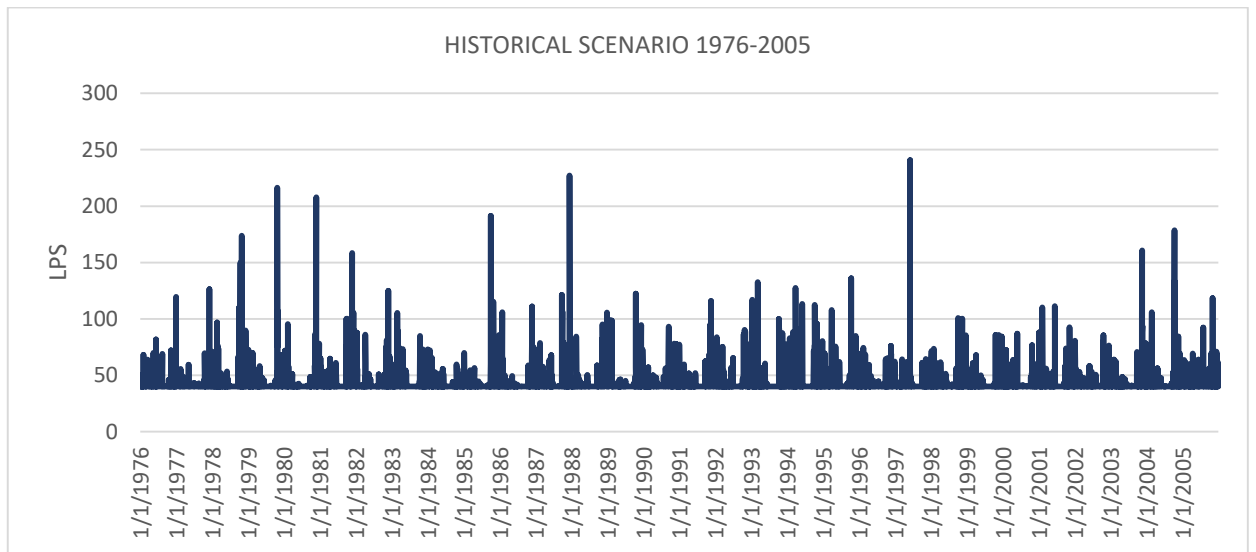


A.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

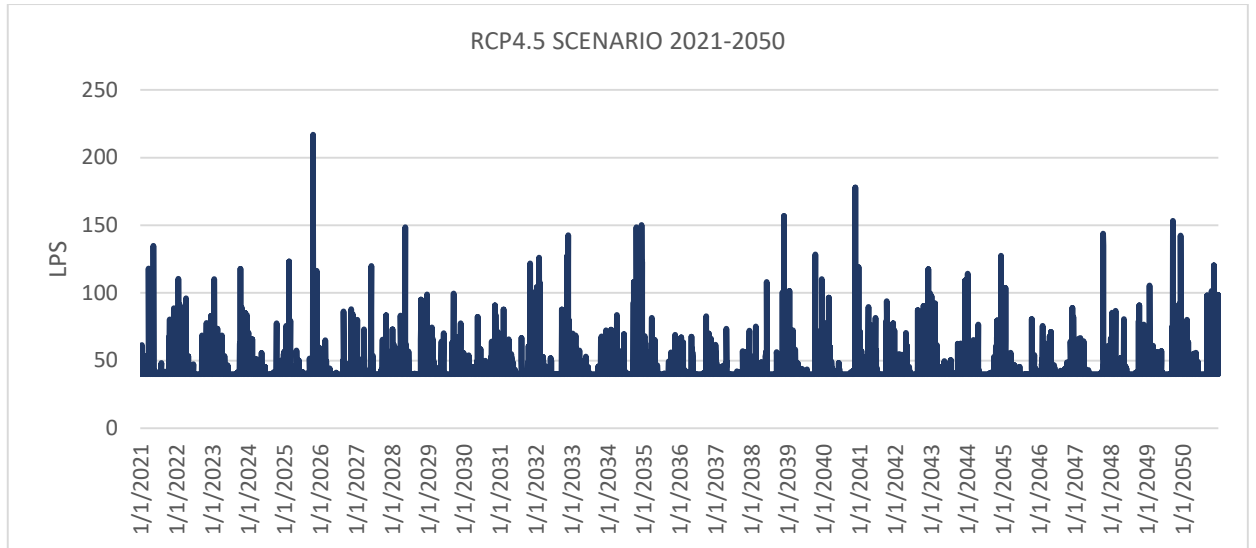


A.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

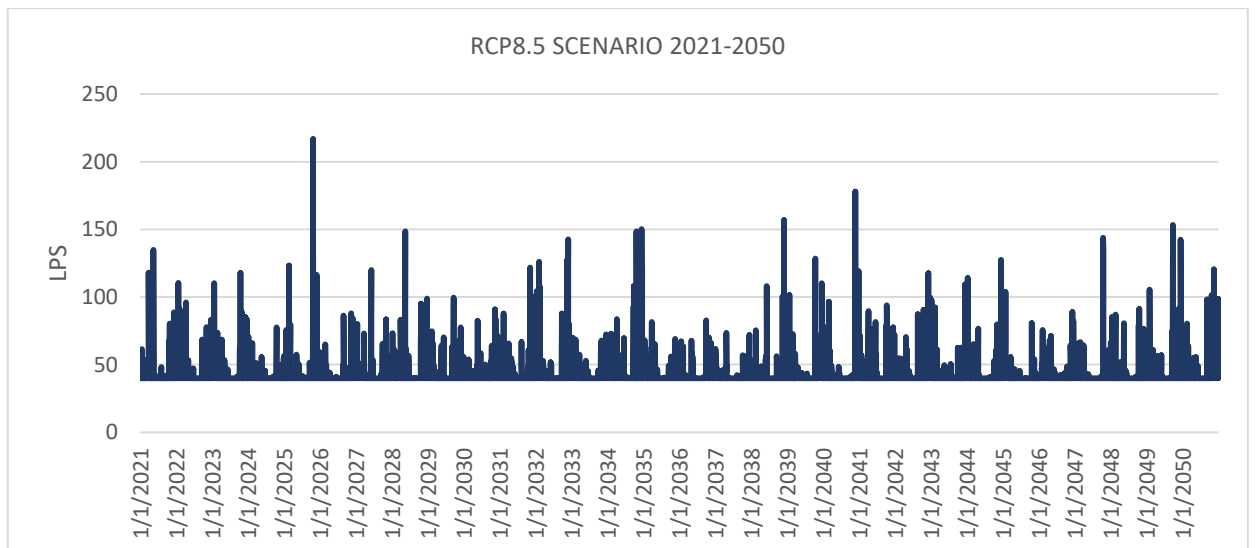
**ΠΑΡΟΧΕΣ ΑΓΩΓΩΝ**



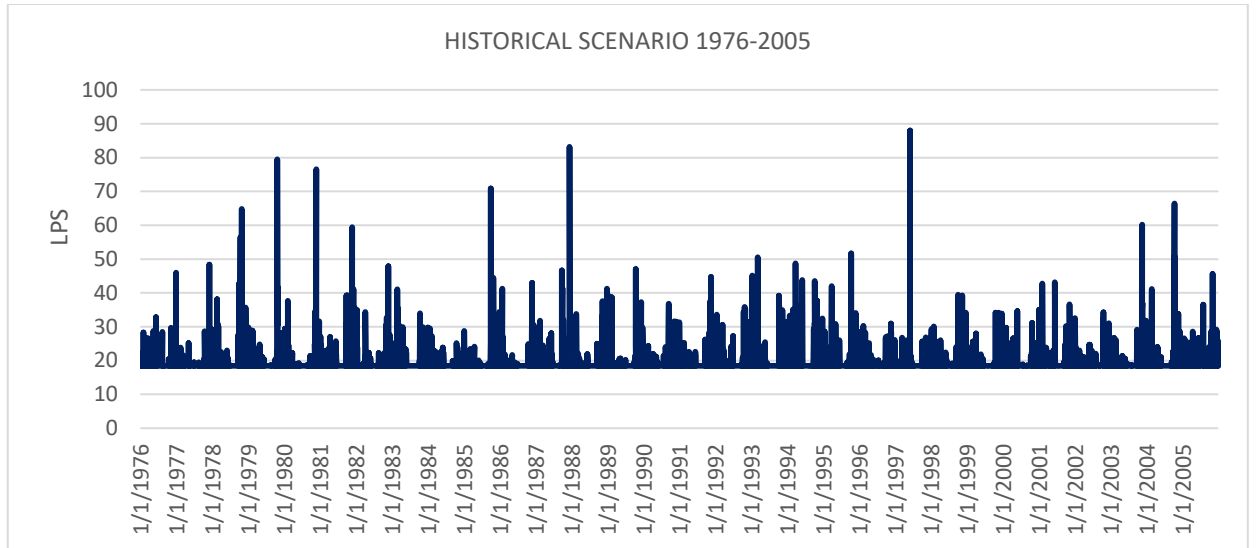
A.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



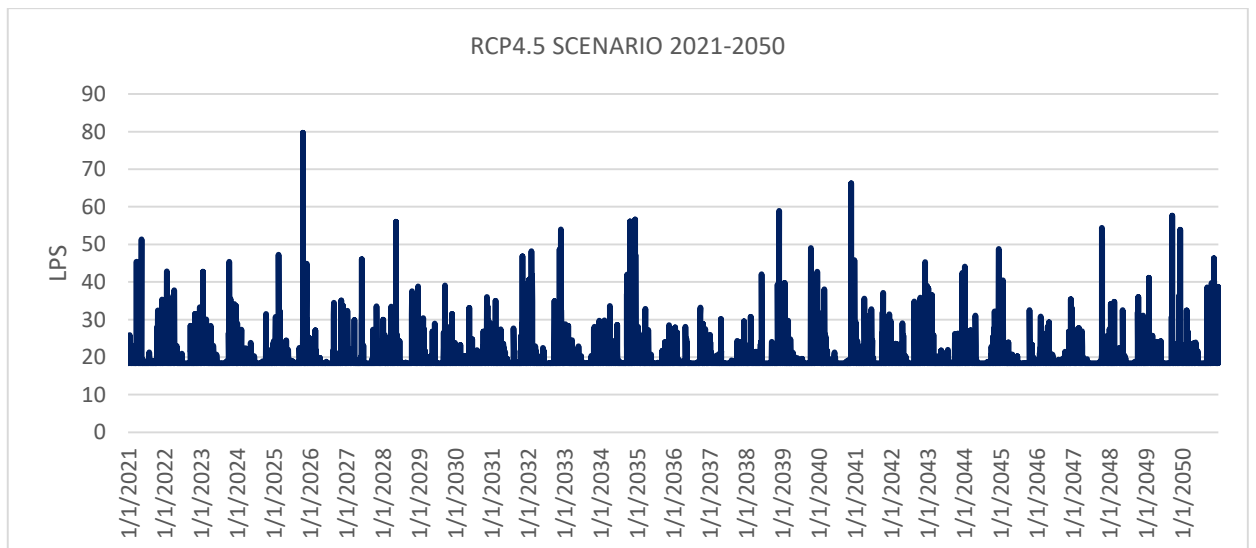
A.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



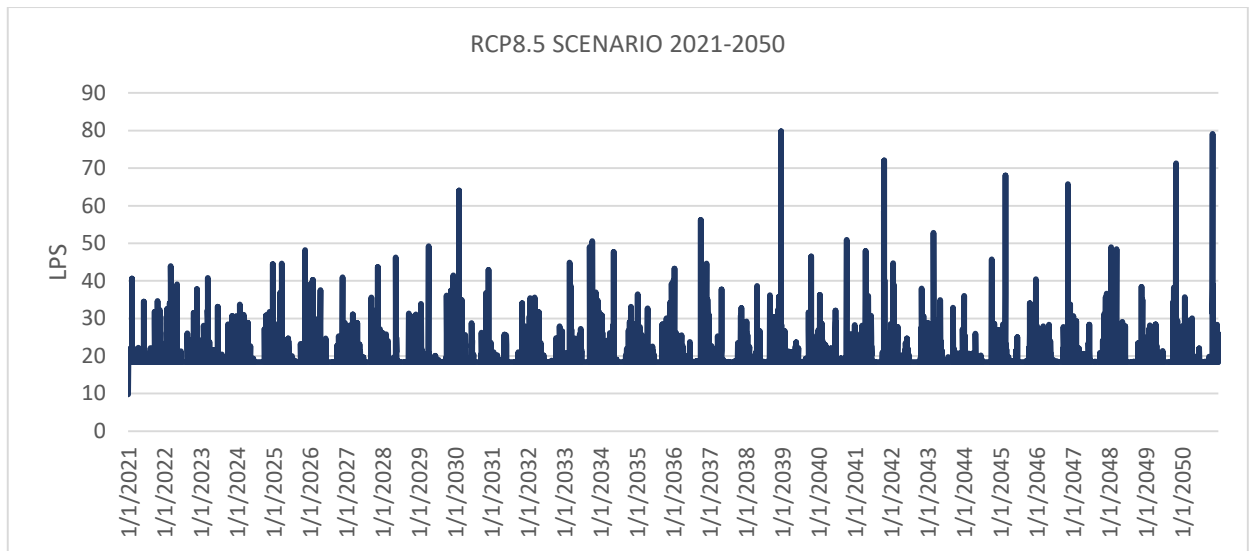
A.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



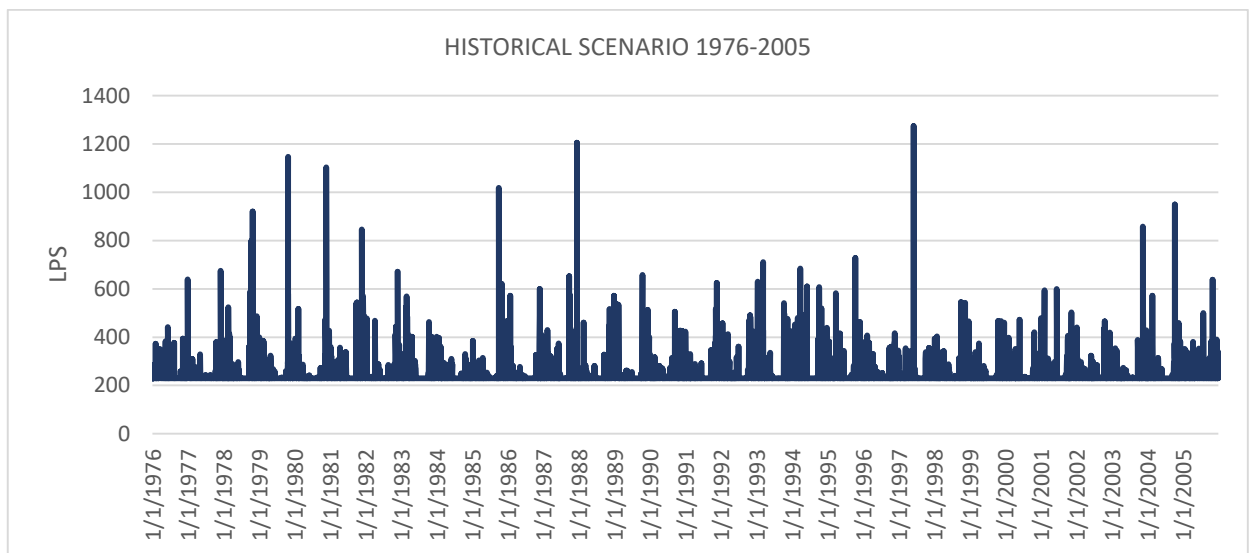
A.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



A.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

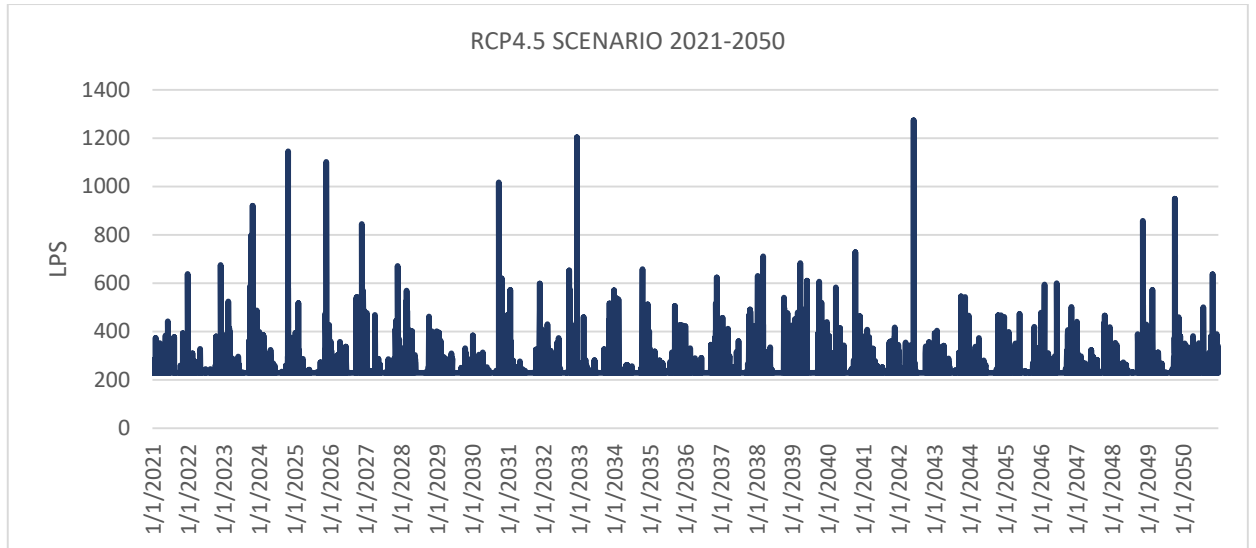


A.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

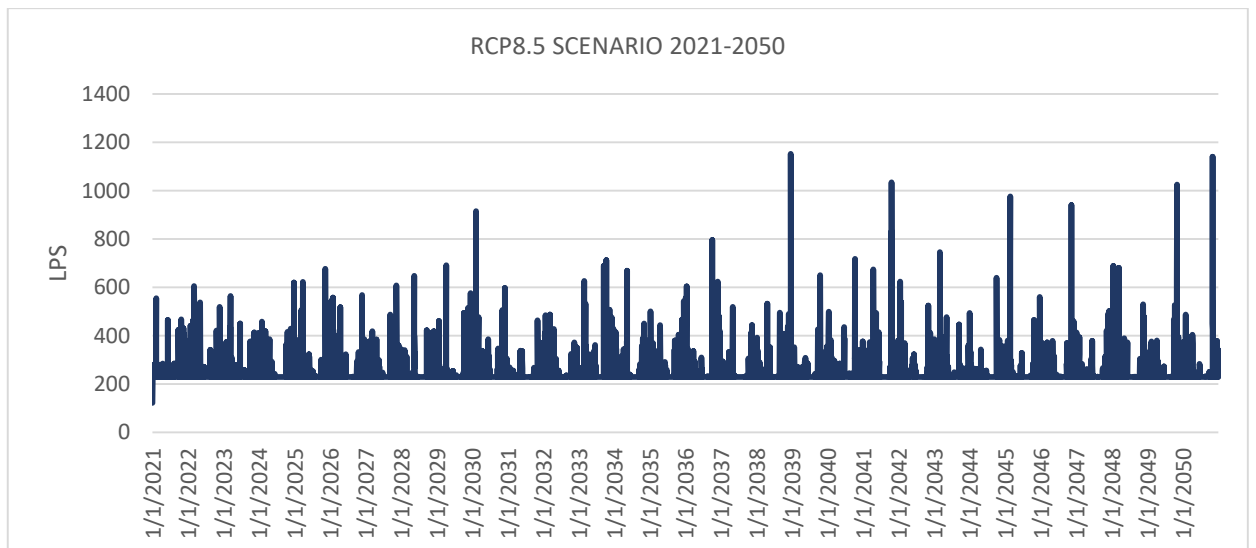


A.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES





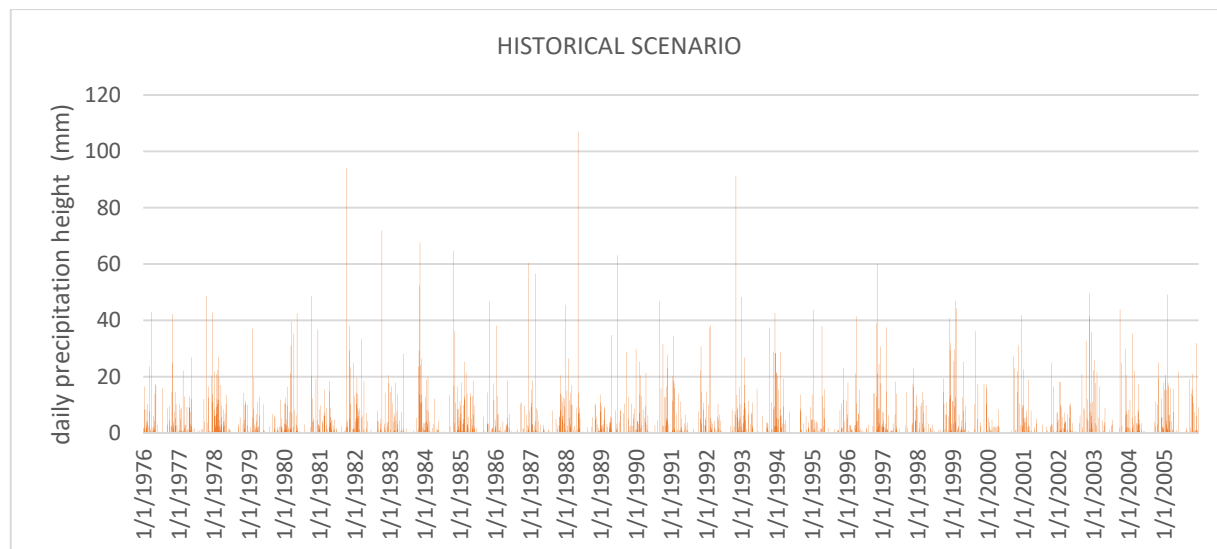
Α.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES



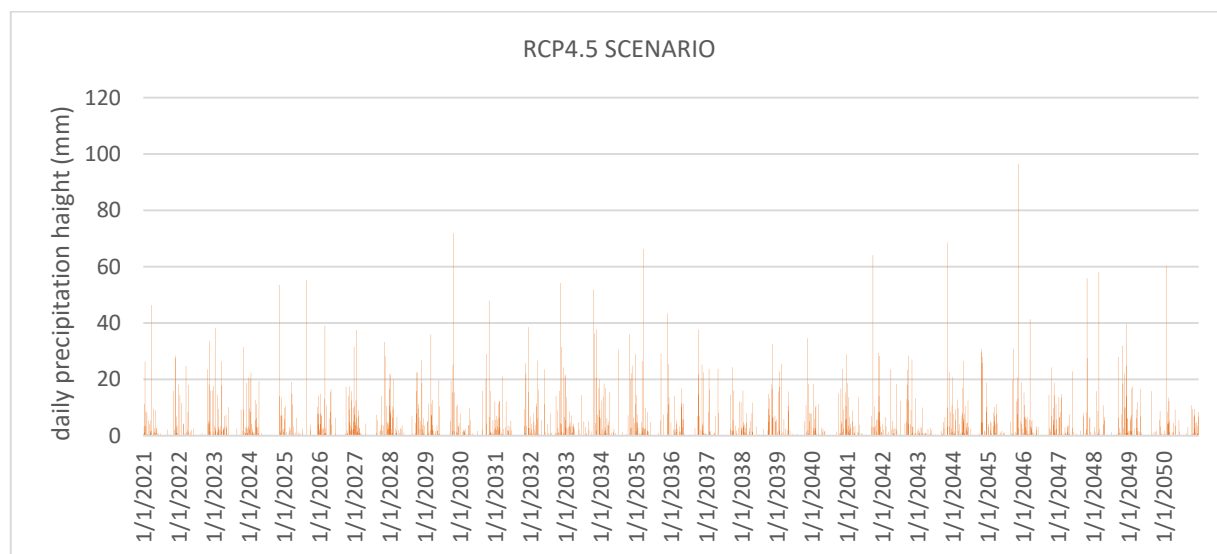
Α.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMcom-CCLM4-8-17-MOHC-HadGEM2-ES

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ CLMm-CCLM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

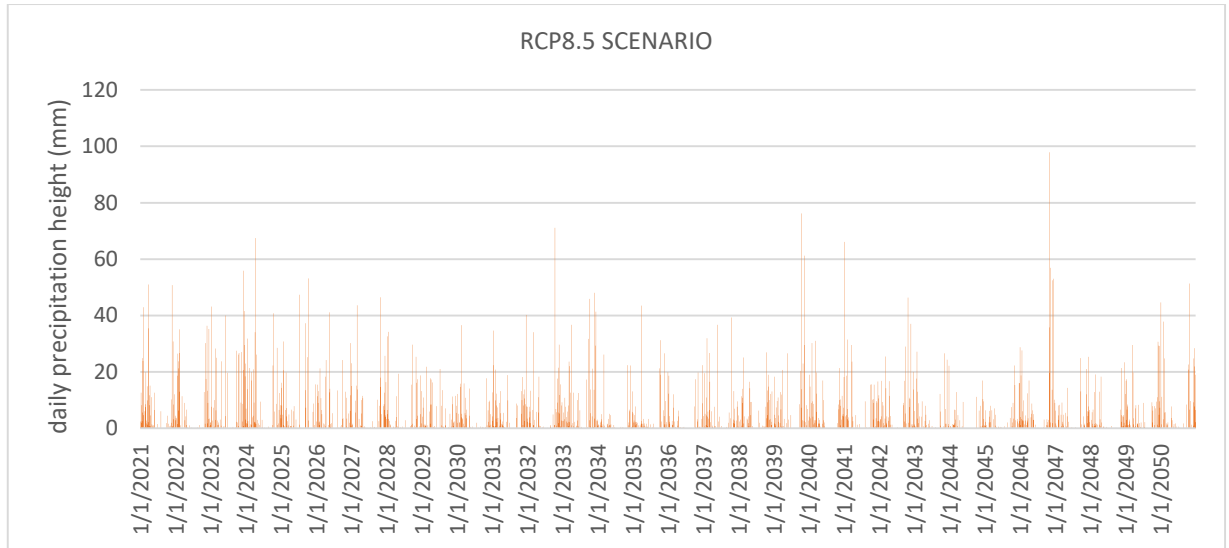
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



Β.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

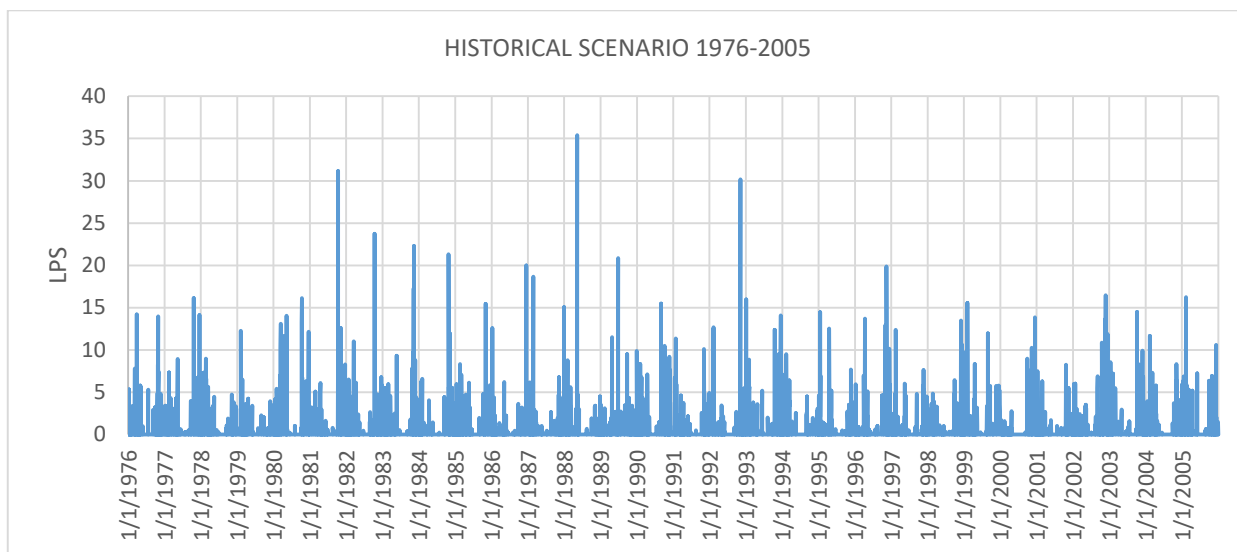


Β.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

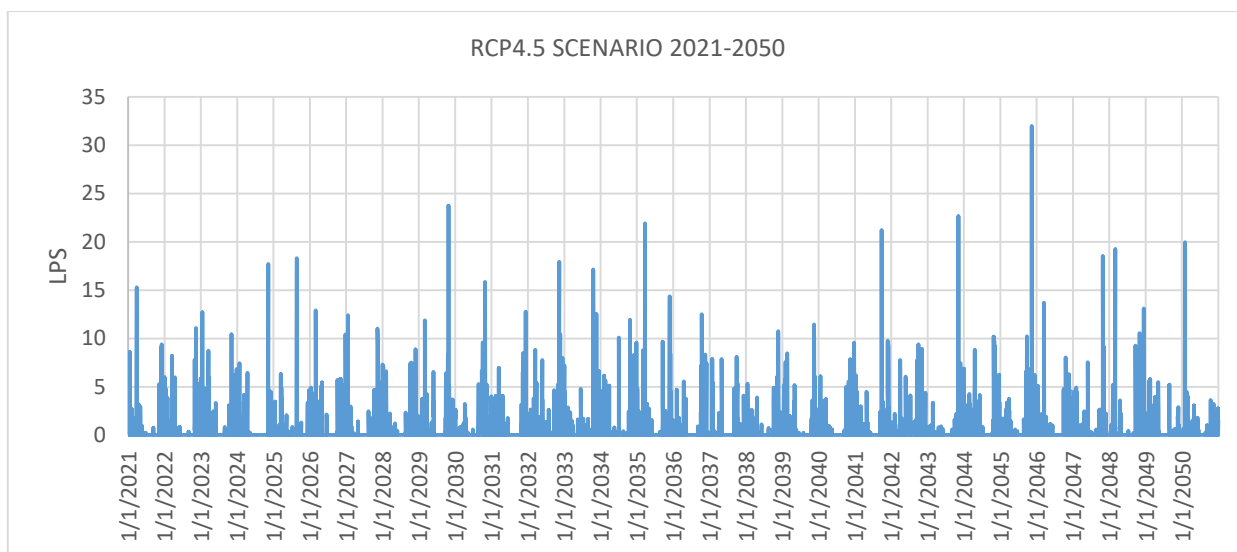


Β. 3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

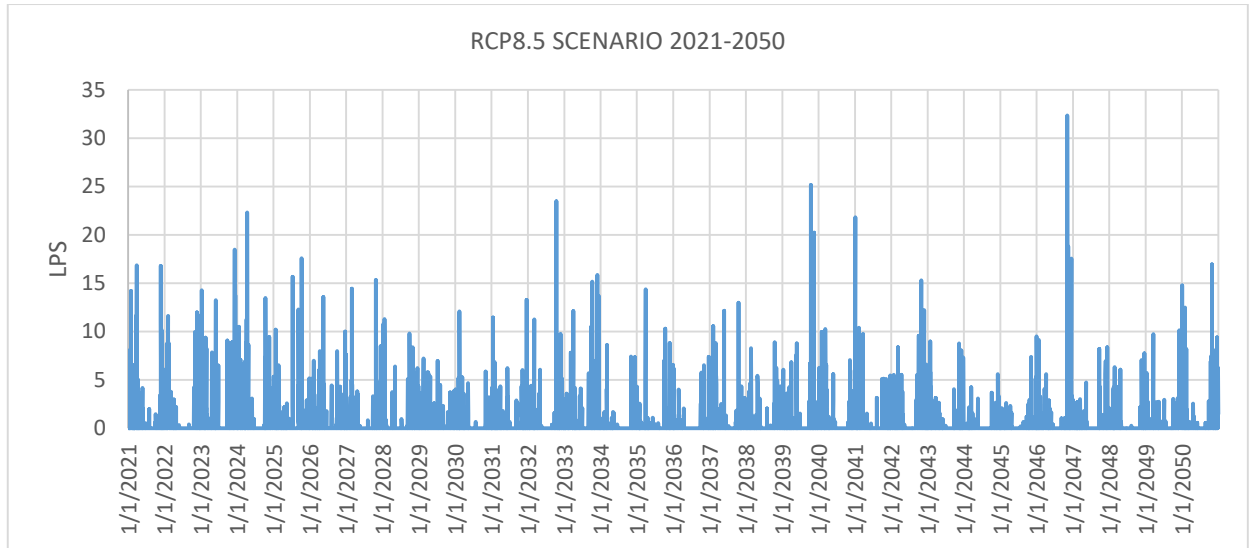
## ΑΠΟΡΡΟΕΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



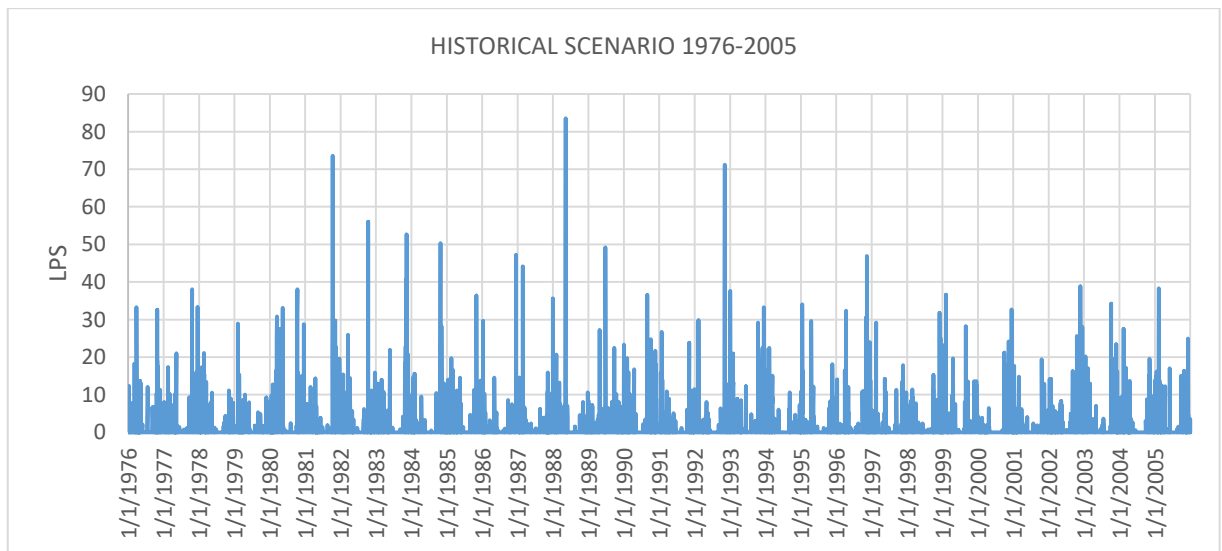
Β.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



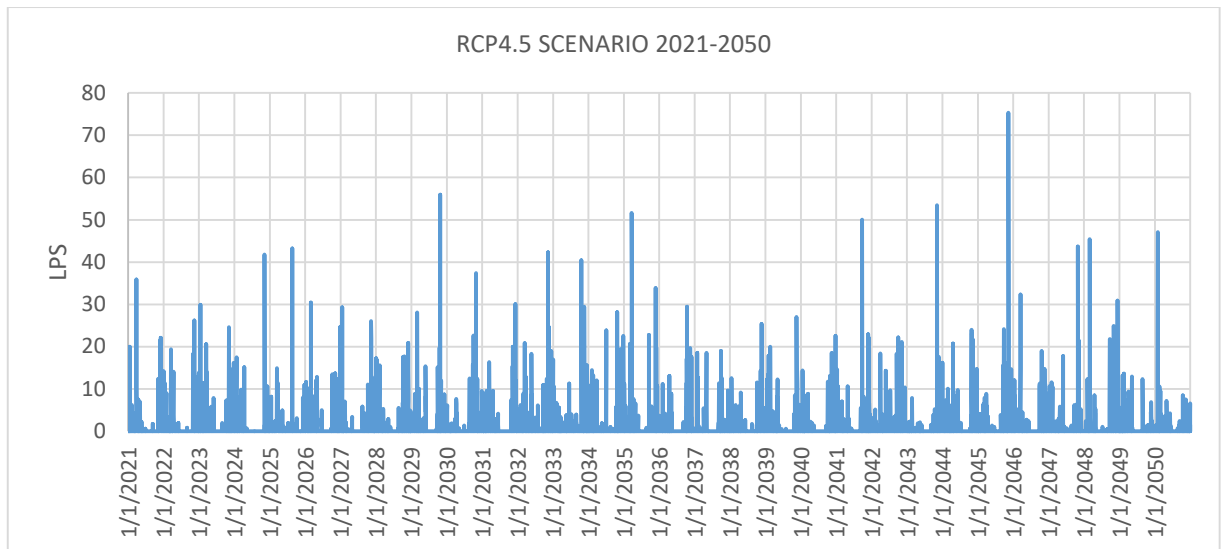
Β.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



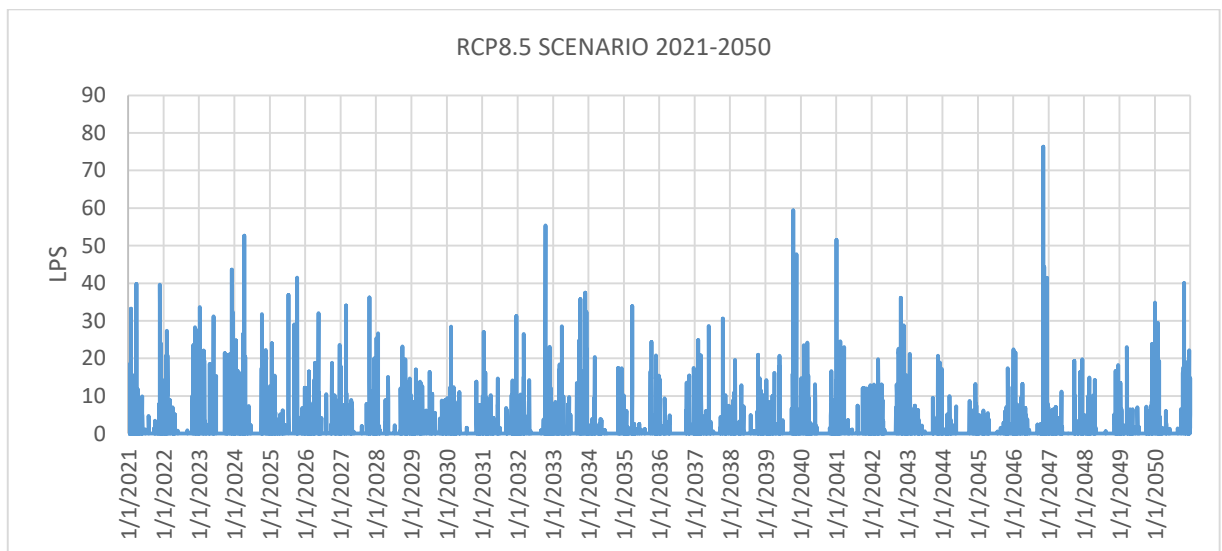
Β.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



Β.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

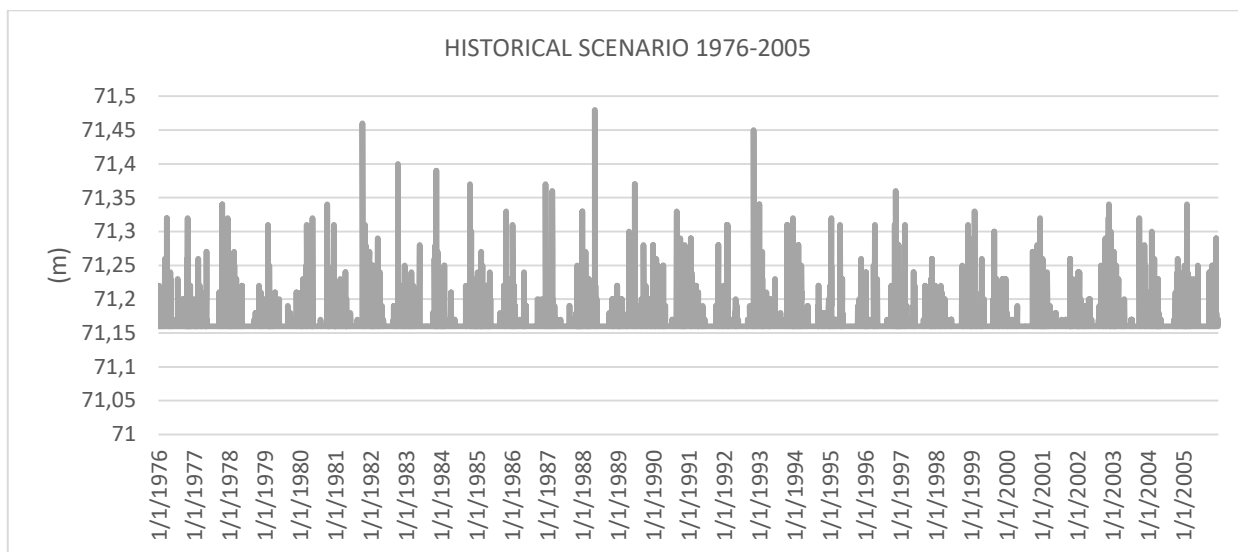


Β.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

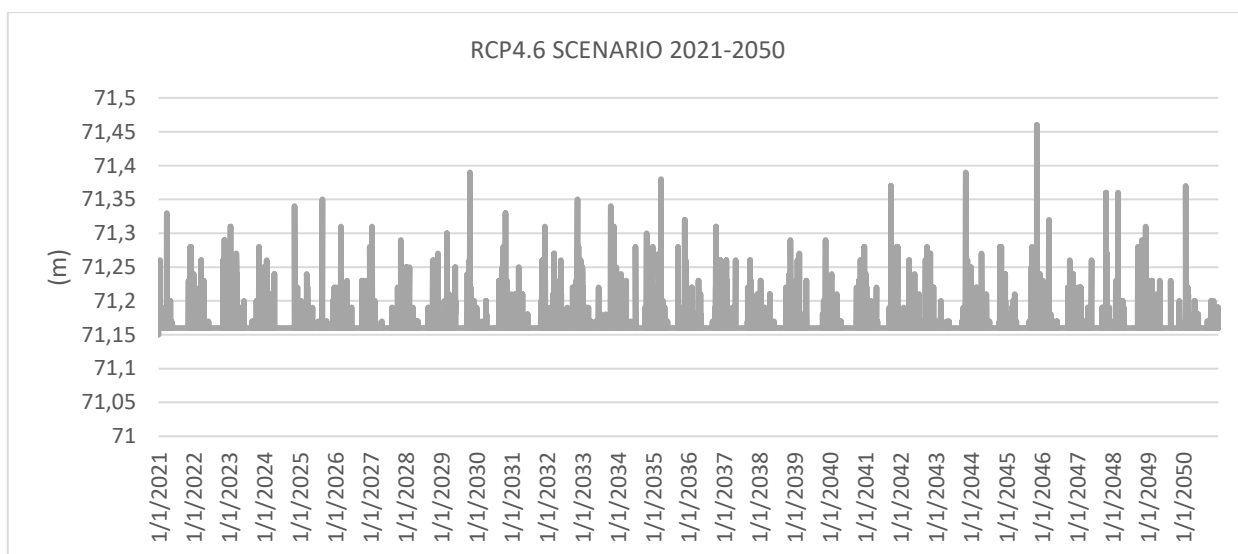


Β.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

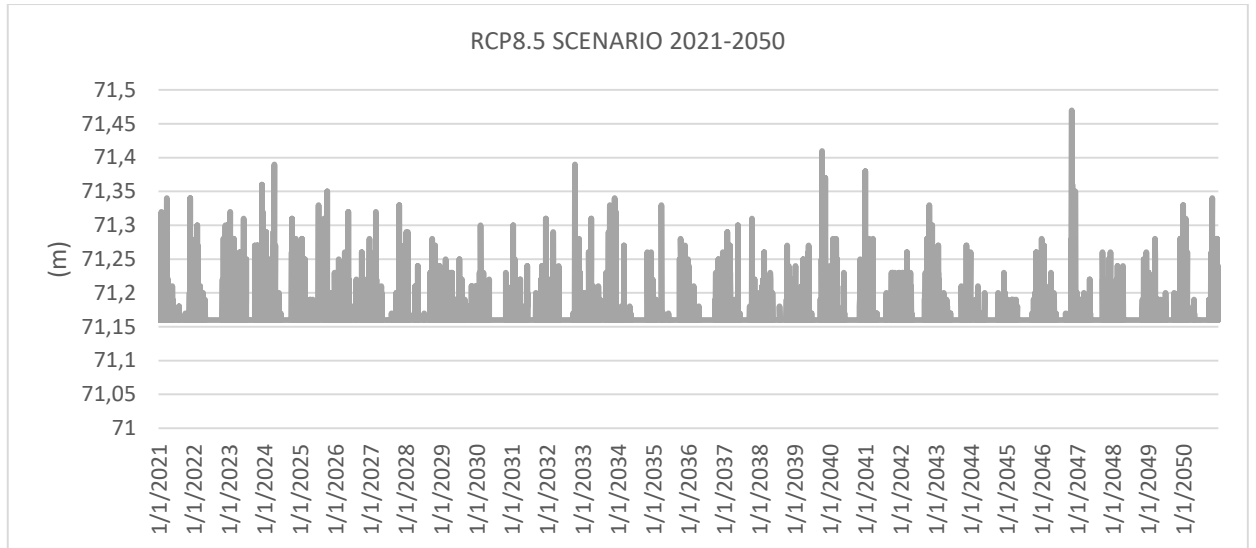
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



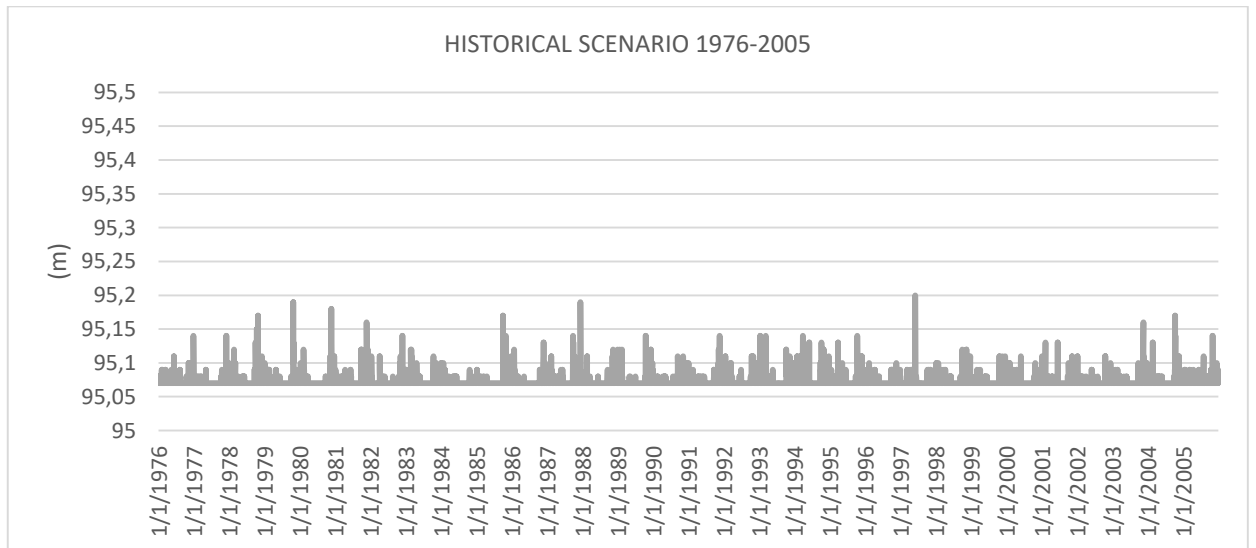
Β.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



Β.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

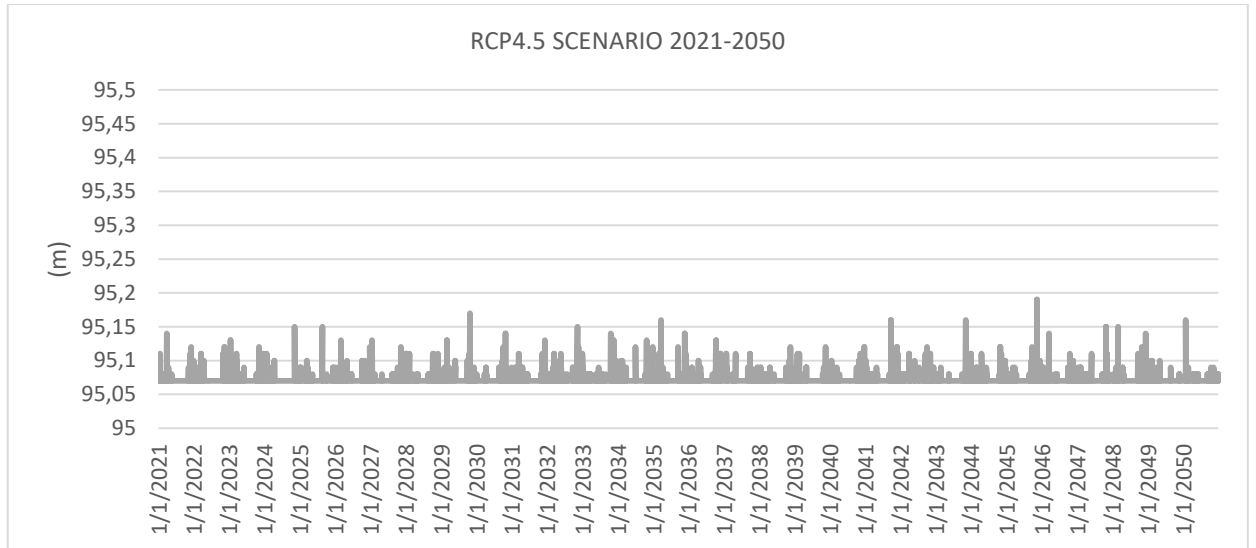


Β.12 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

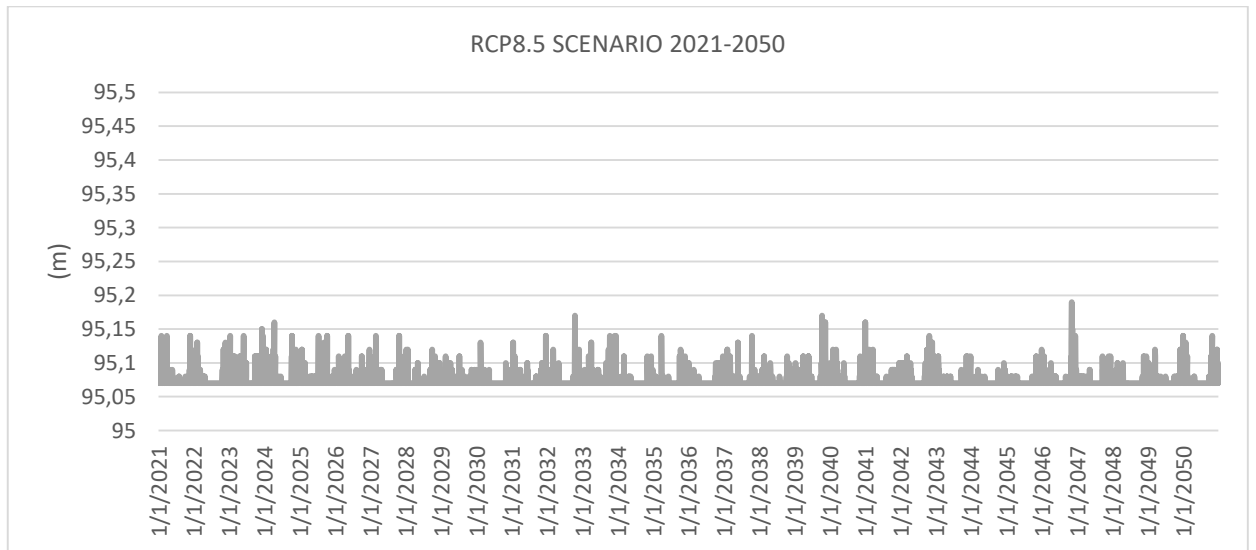


Β.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

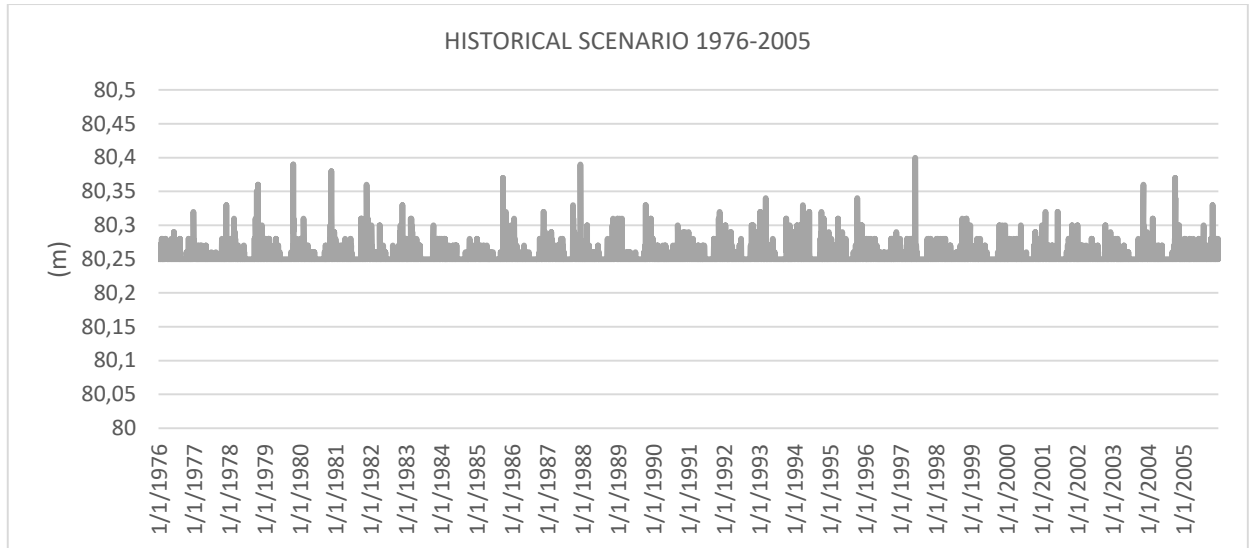




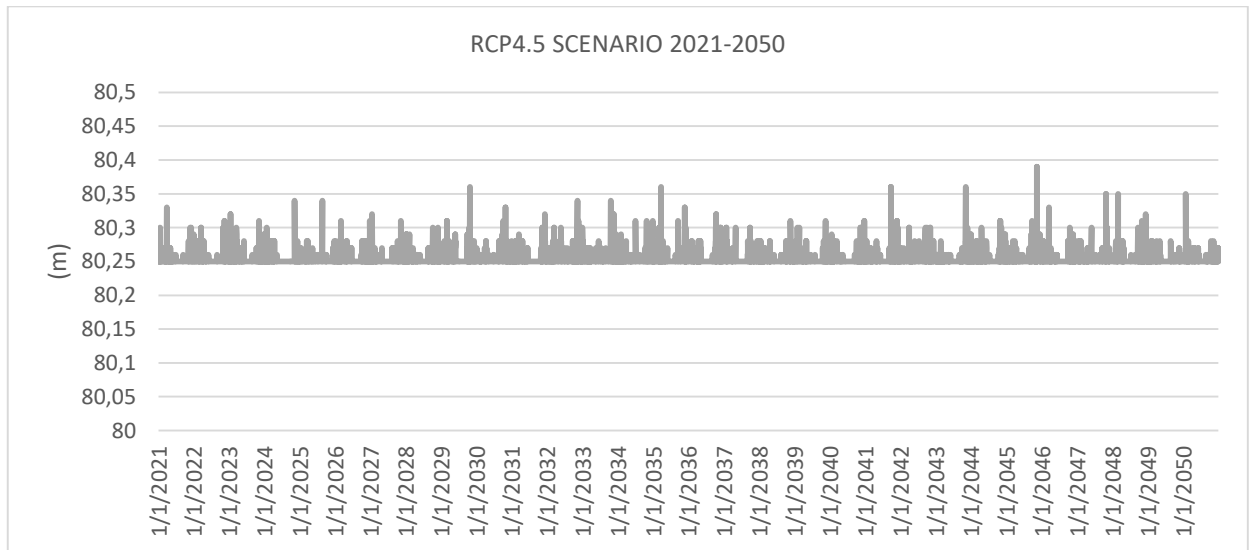
Β.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



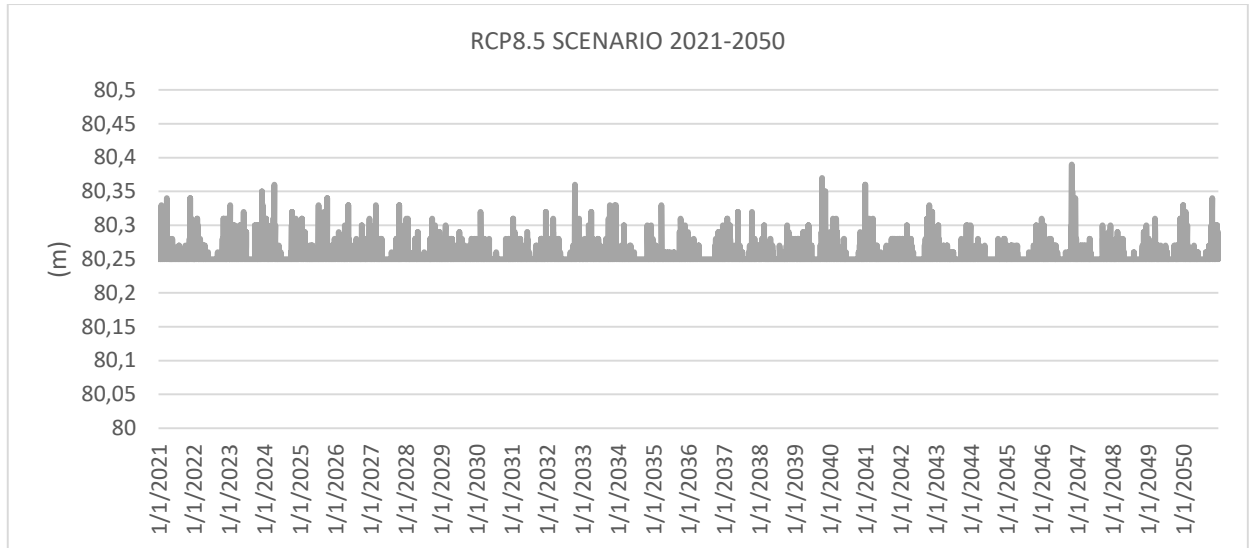
Β.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



Β.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

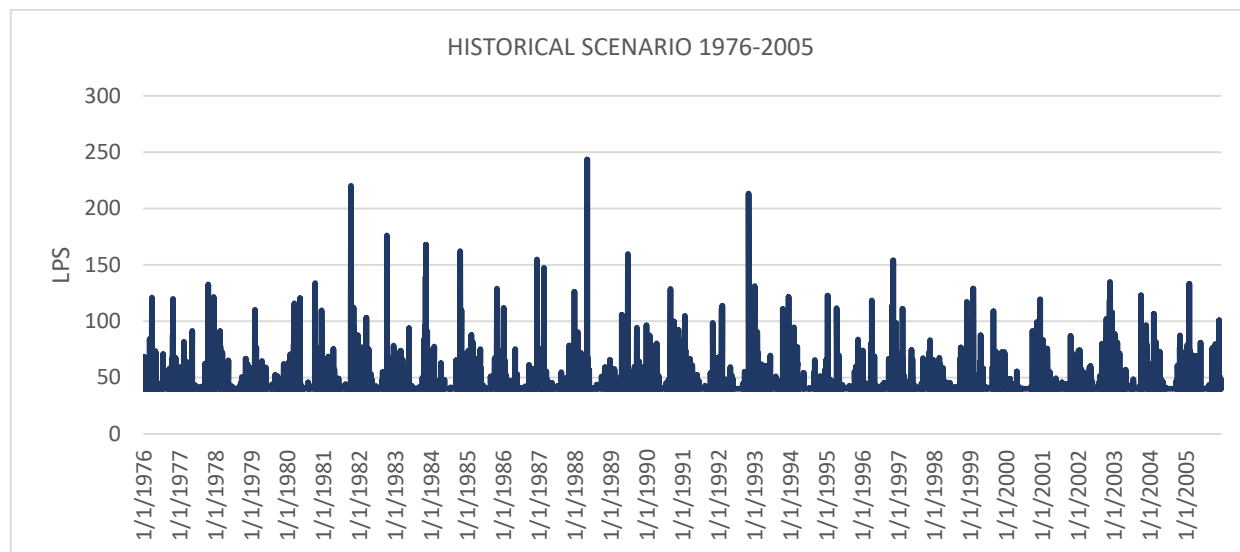


Β.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

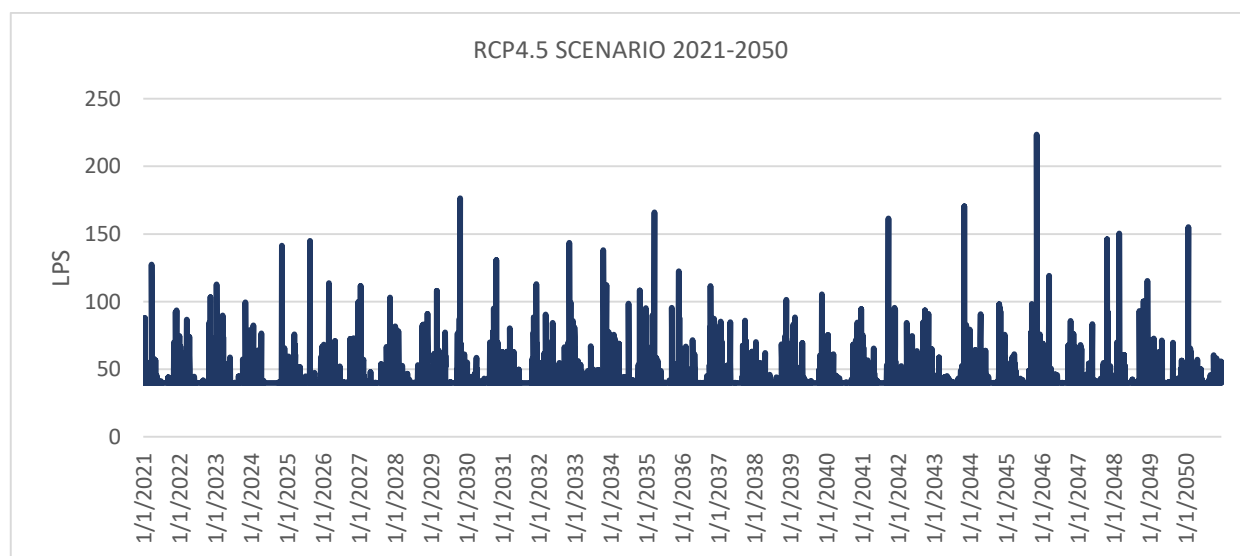


Β.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

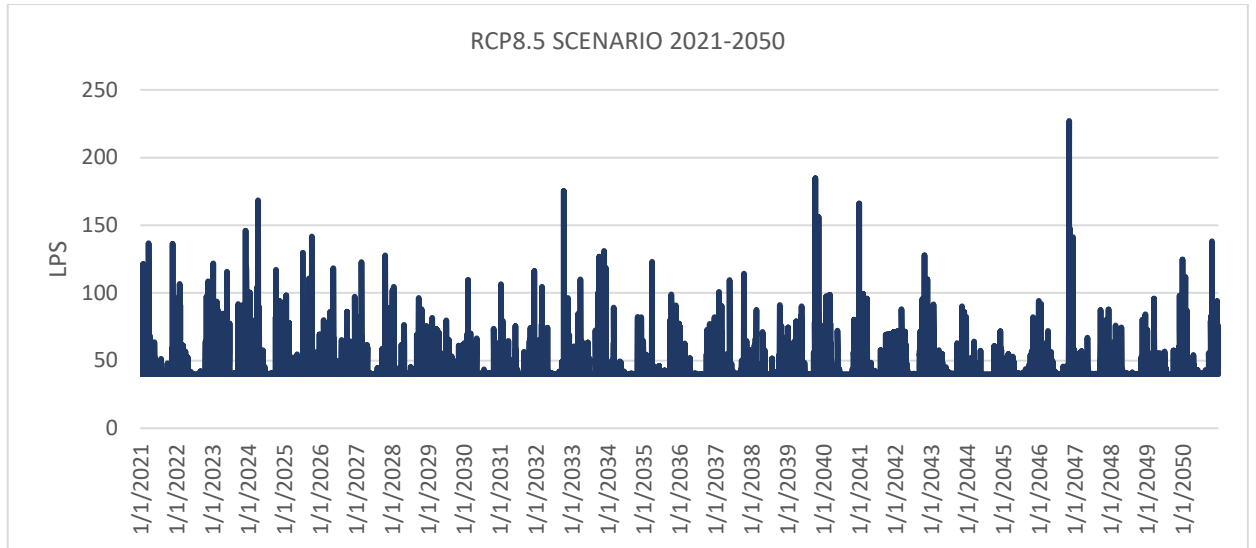
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



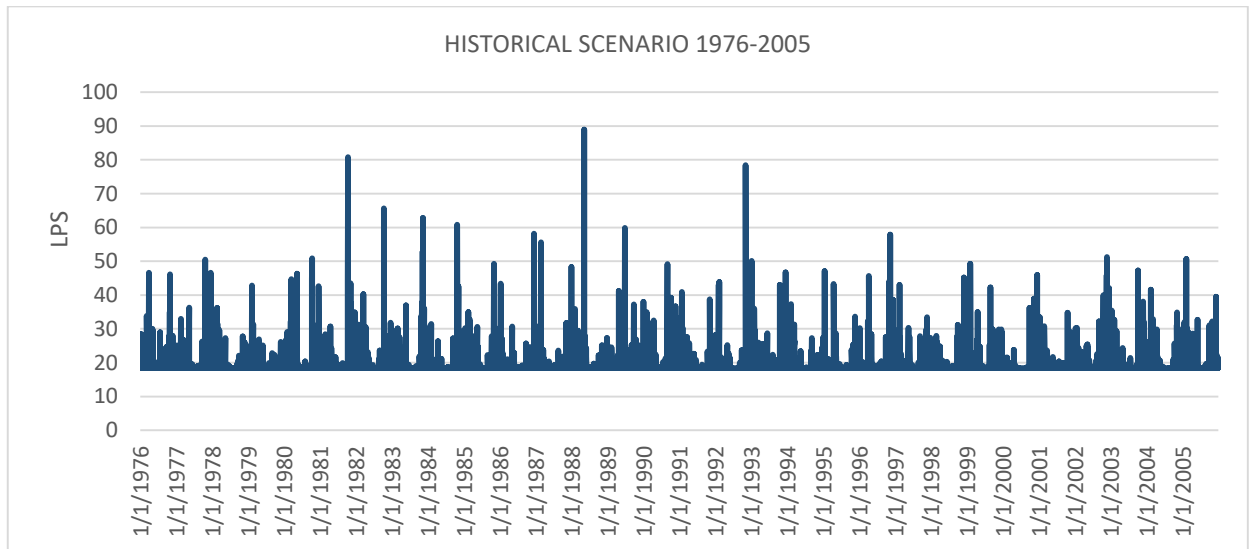
Β.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



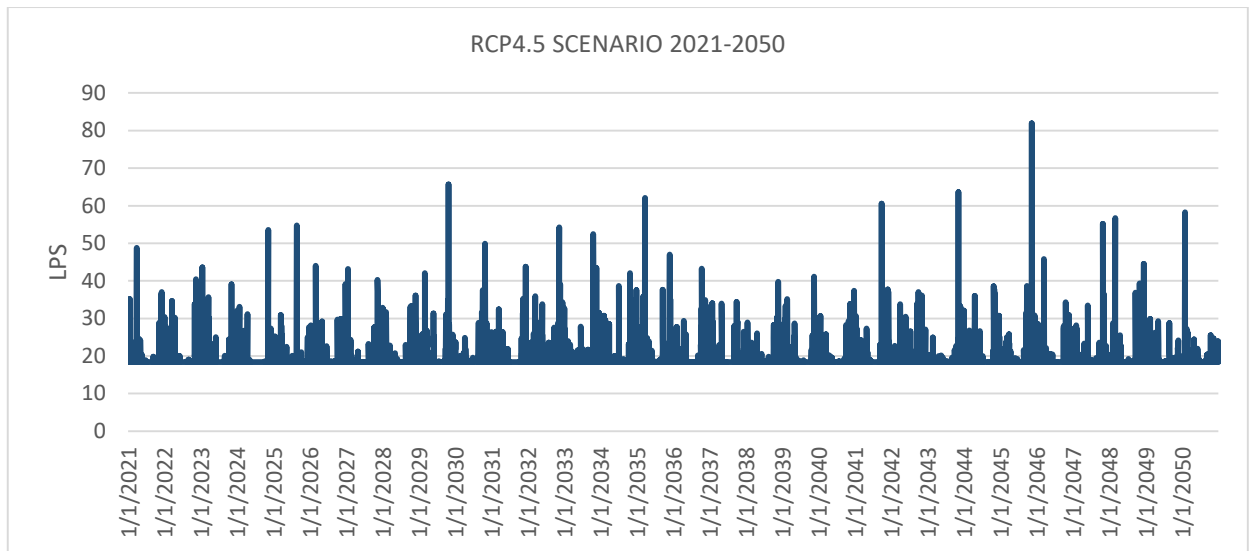
Β.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



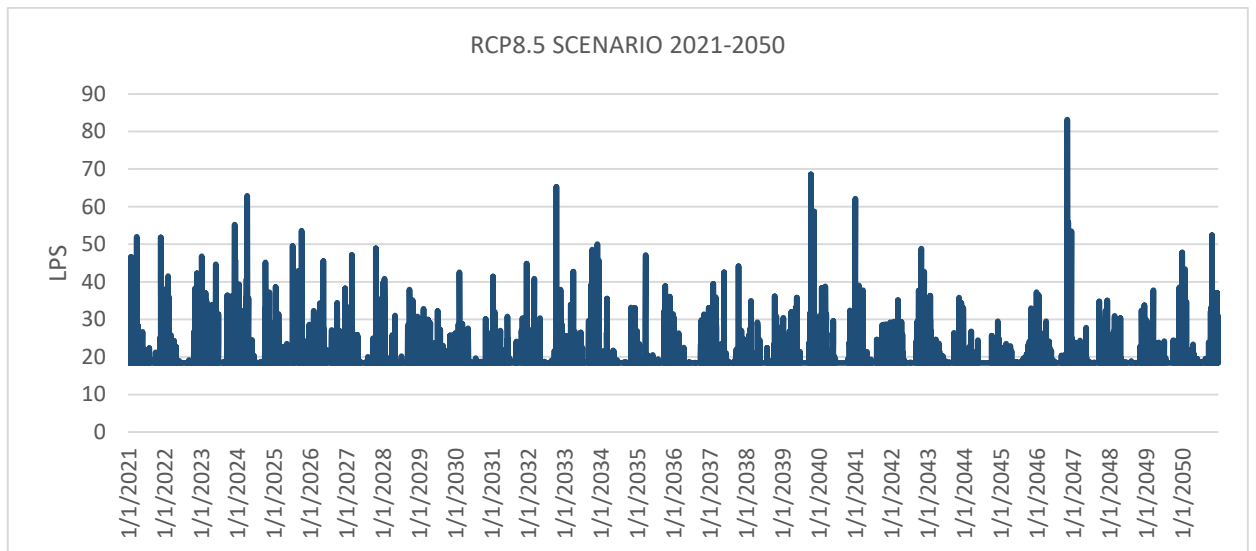
Β.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



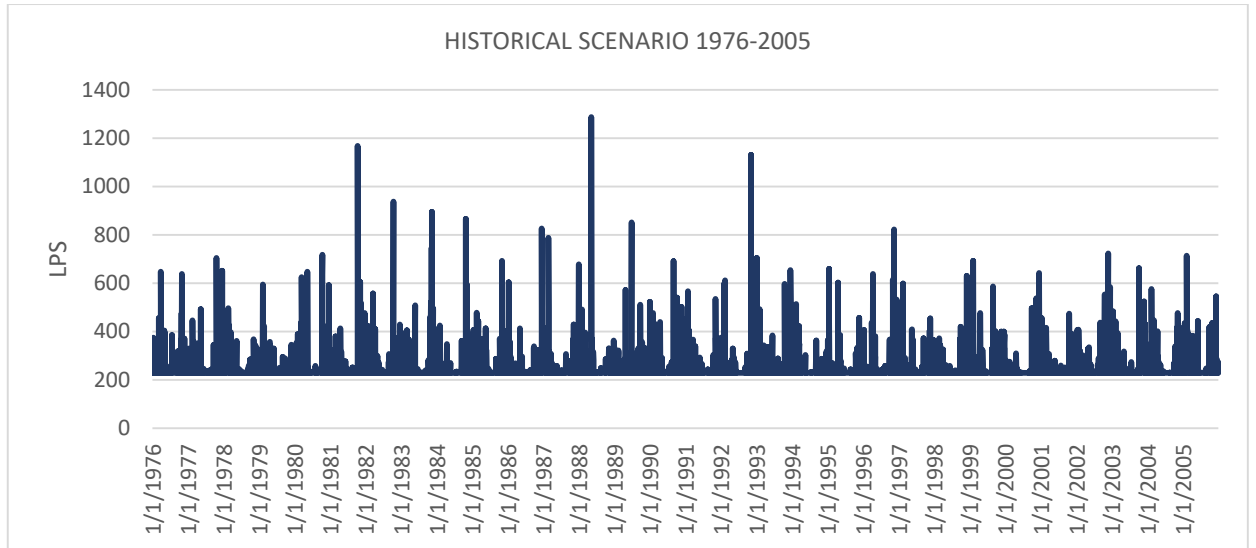
Β.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



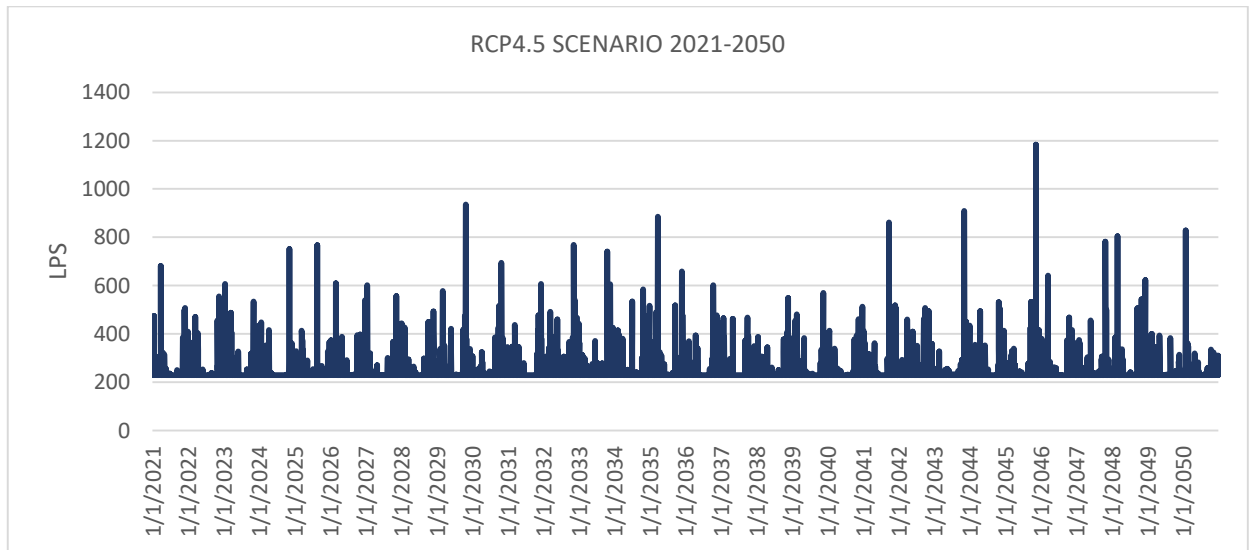
Β.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



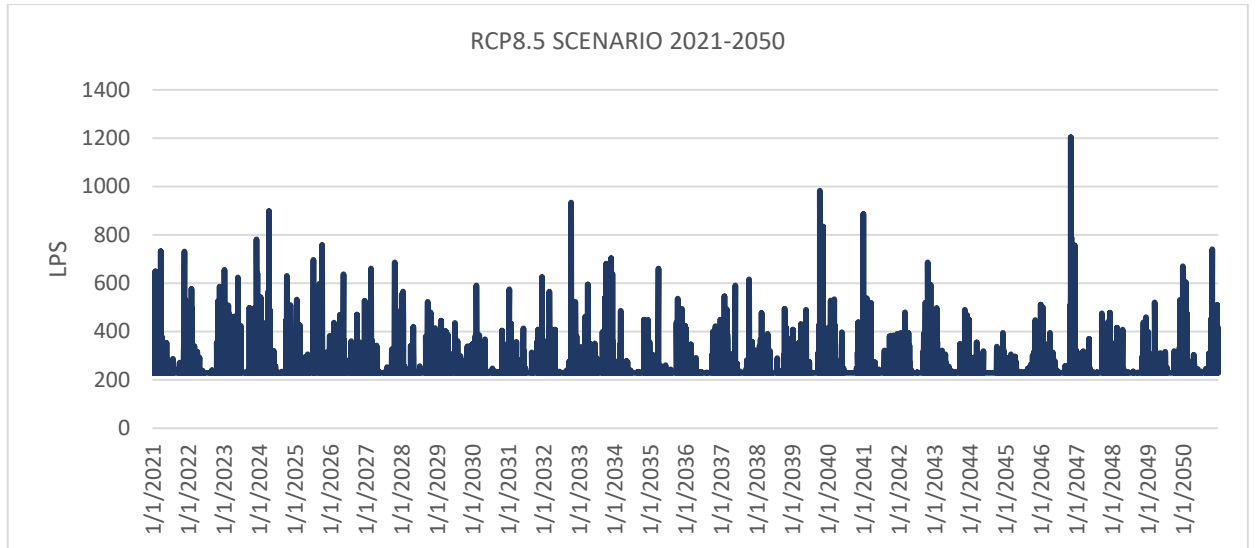
Β.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



Β.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR



Β.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

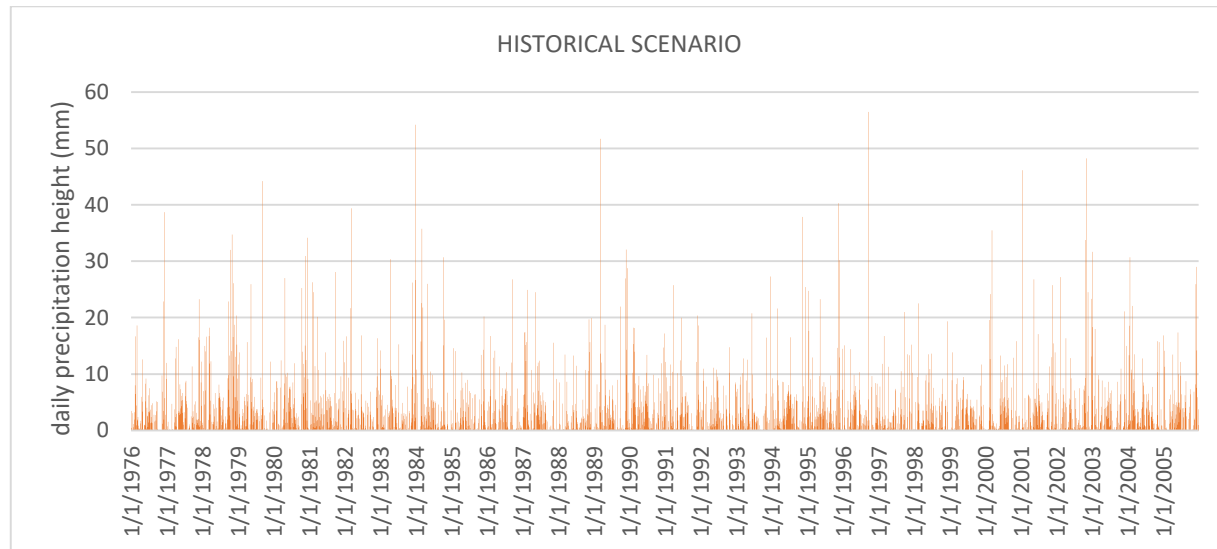


Β.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου CLMm-CCM4-8-17- MPI-M-MPI-ESM-LR

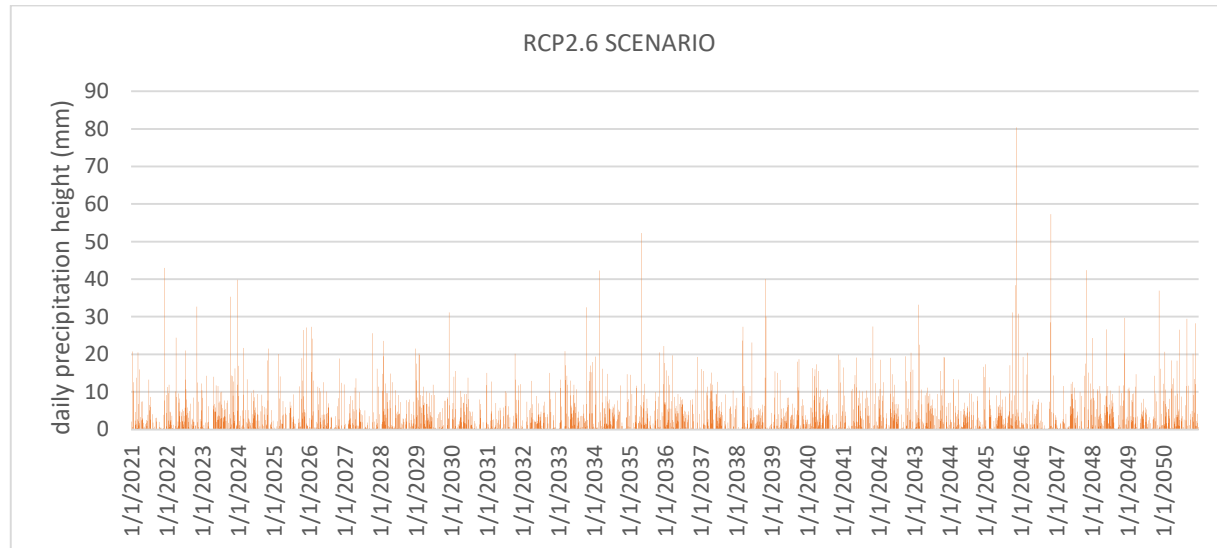


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟ CNRM-ALADIN53 -  
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

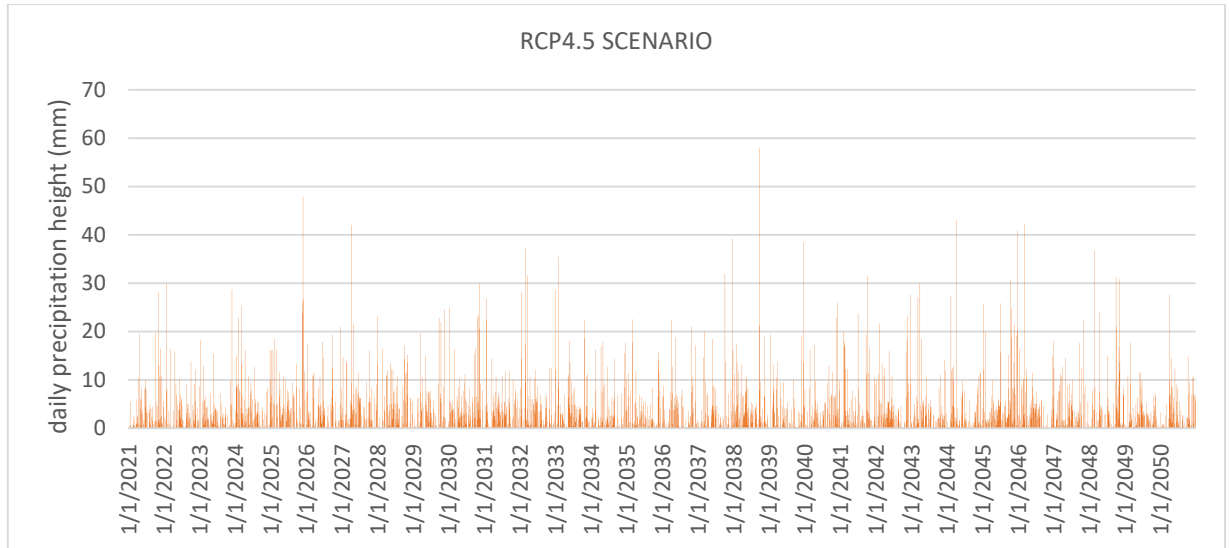
**ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ**



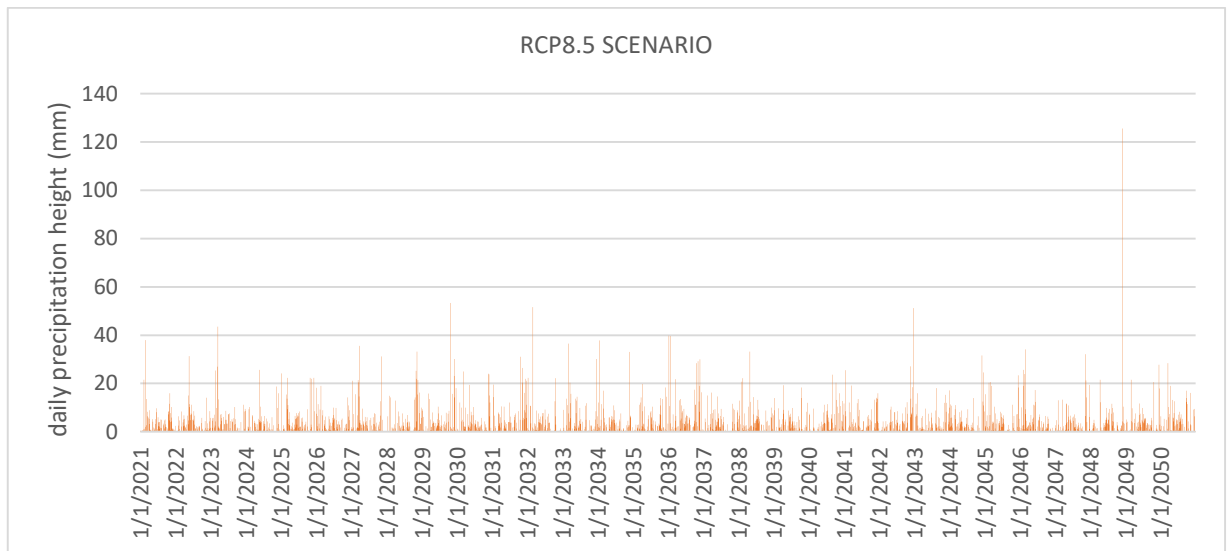
Γ.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου ΜΟΝΤΕΛΟ CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.2 Ύψος βροχής για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου ΜΟΝΤΕΛΟ CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

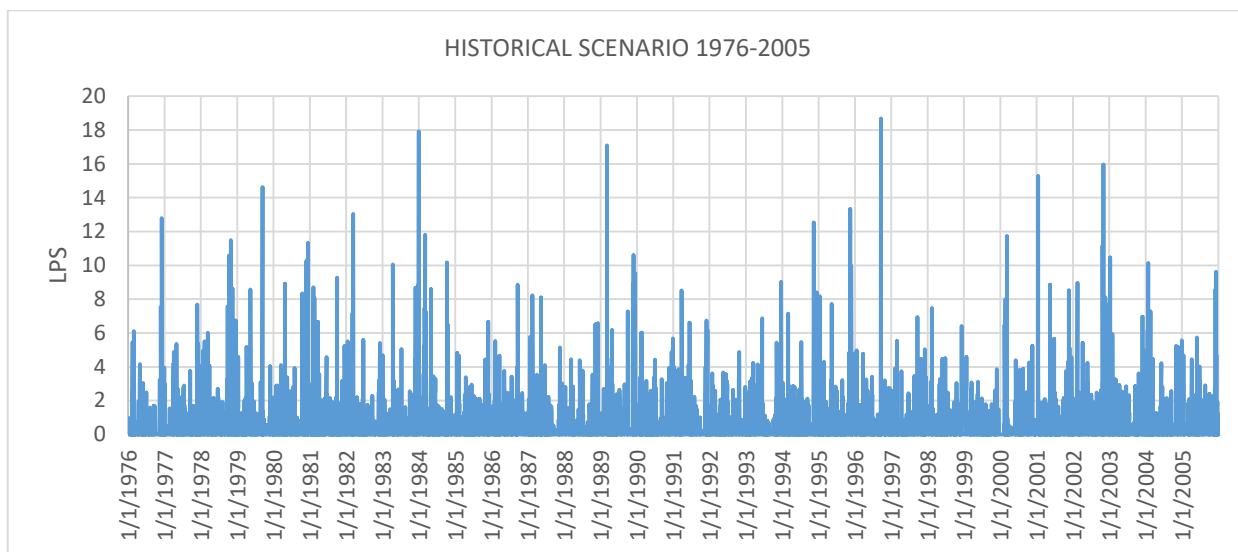


Γ.3 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS- CNRM-CM5

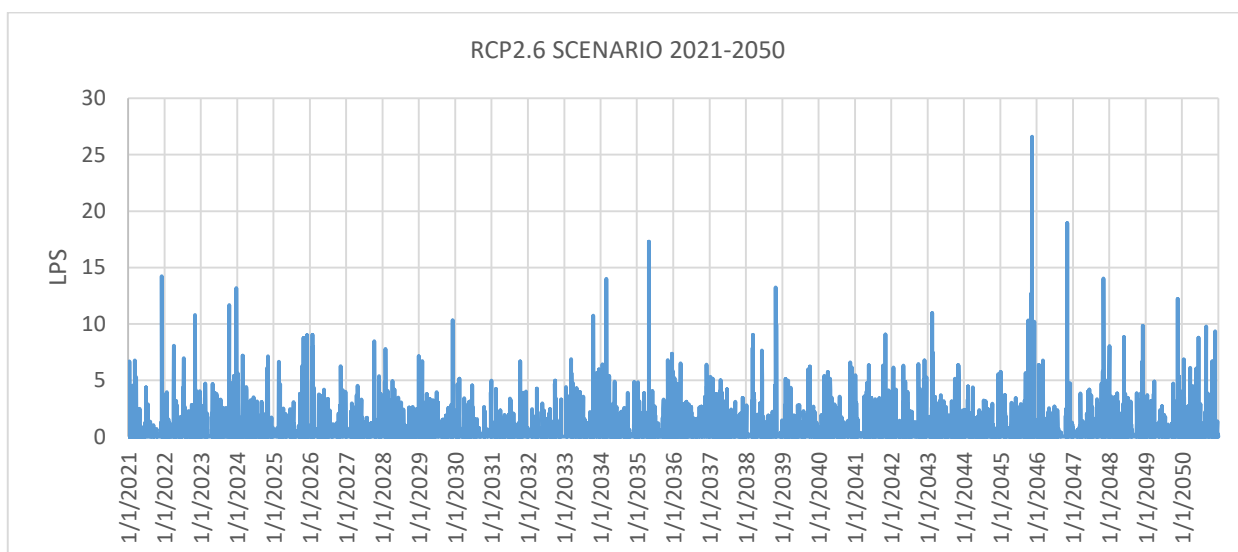


Γ.4 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS- CNRM-CM5

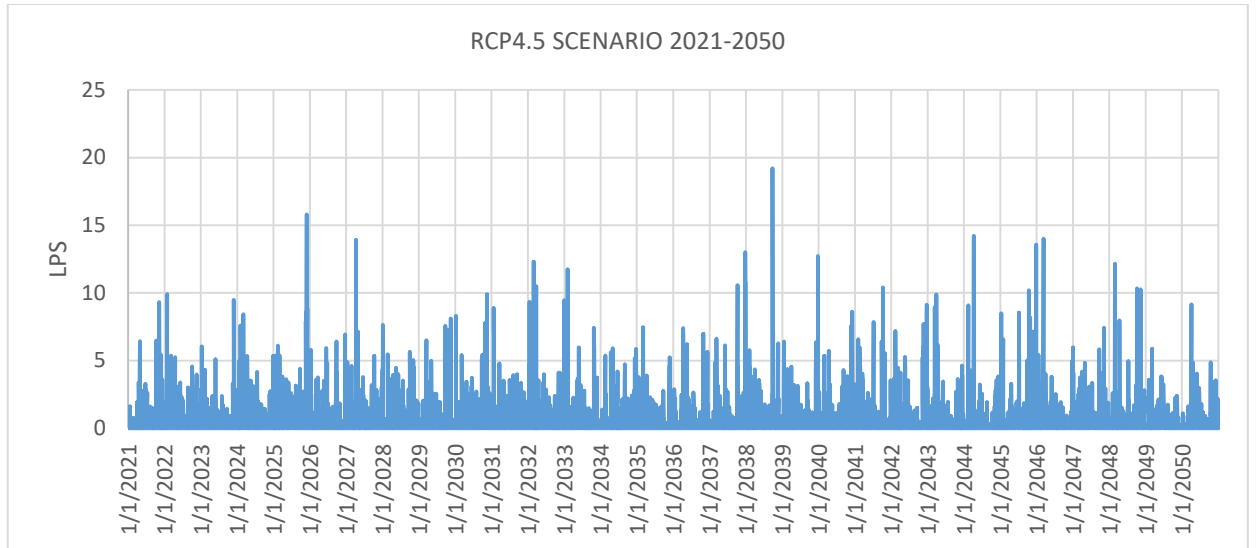
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



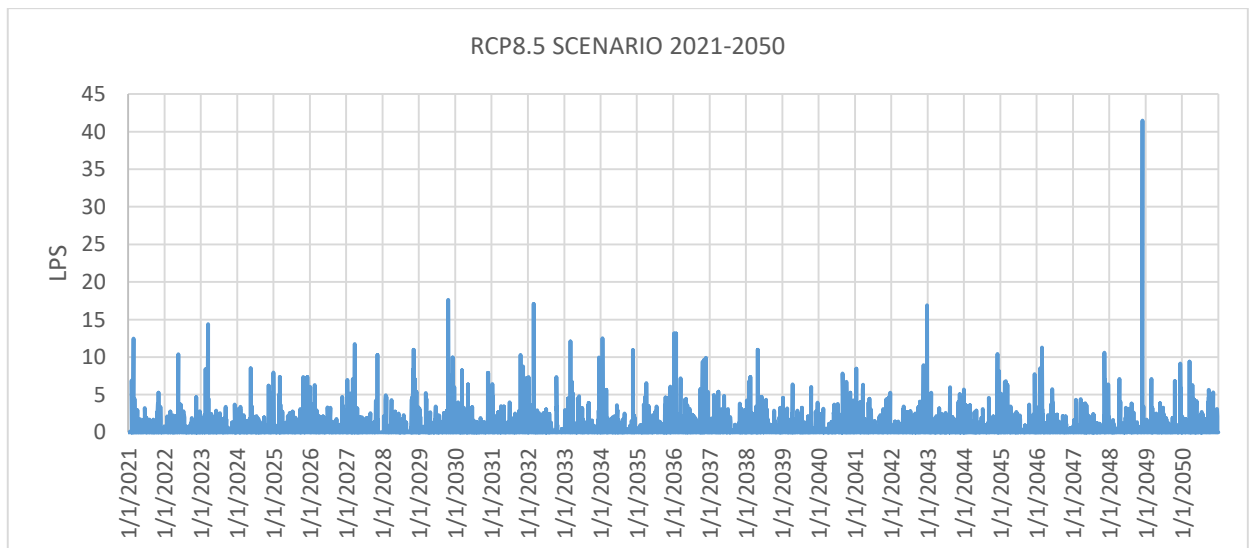
Γ.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



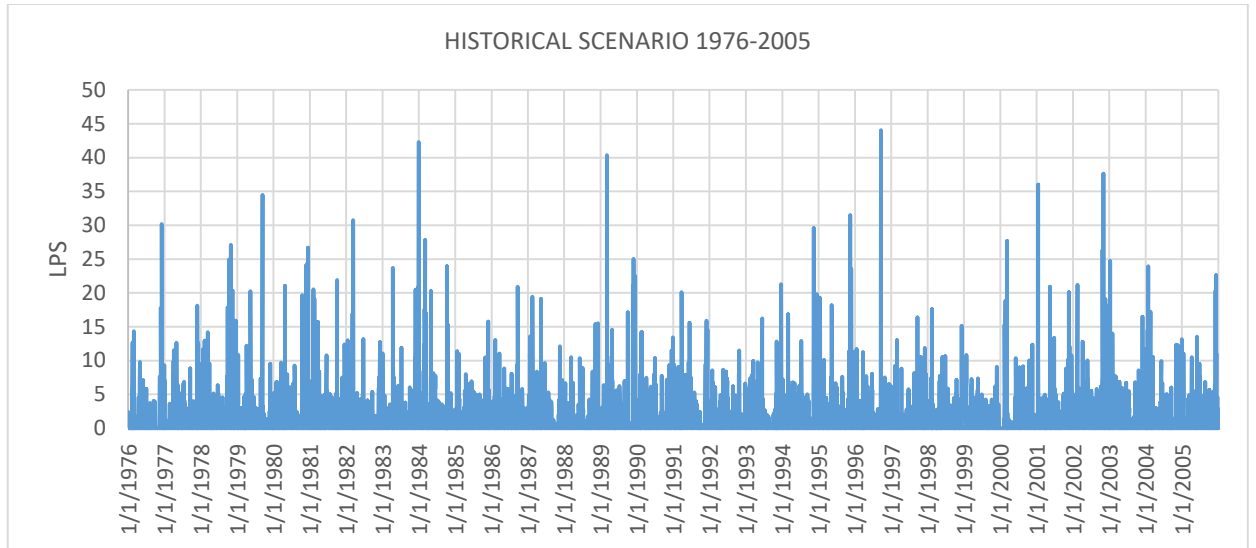
Γ.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



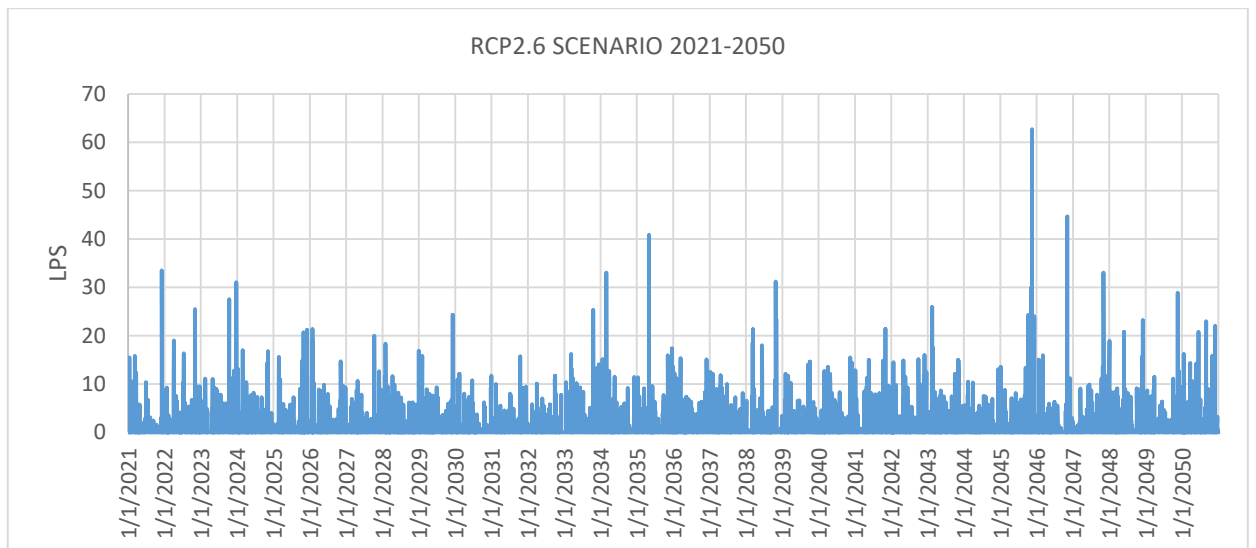
Γ.7 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



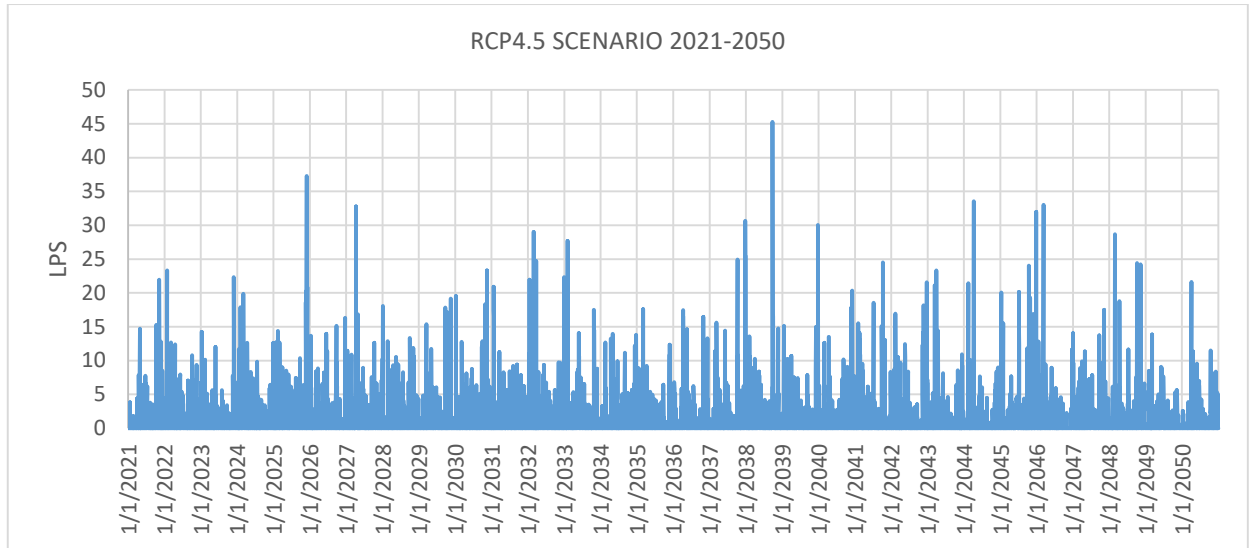
Γ.8 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



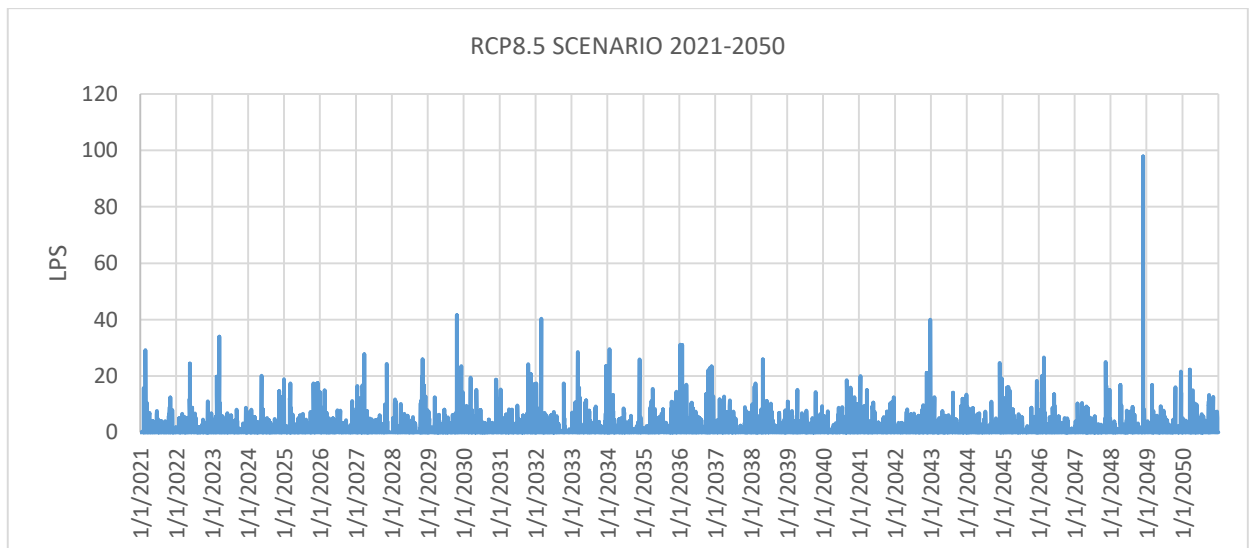
Γ.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.10 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

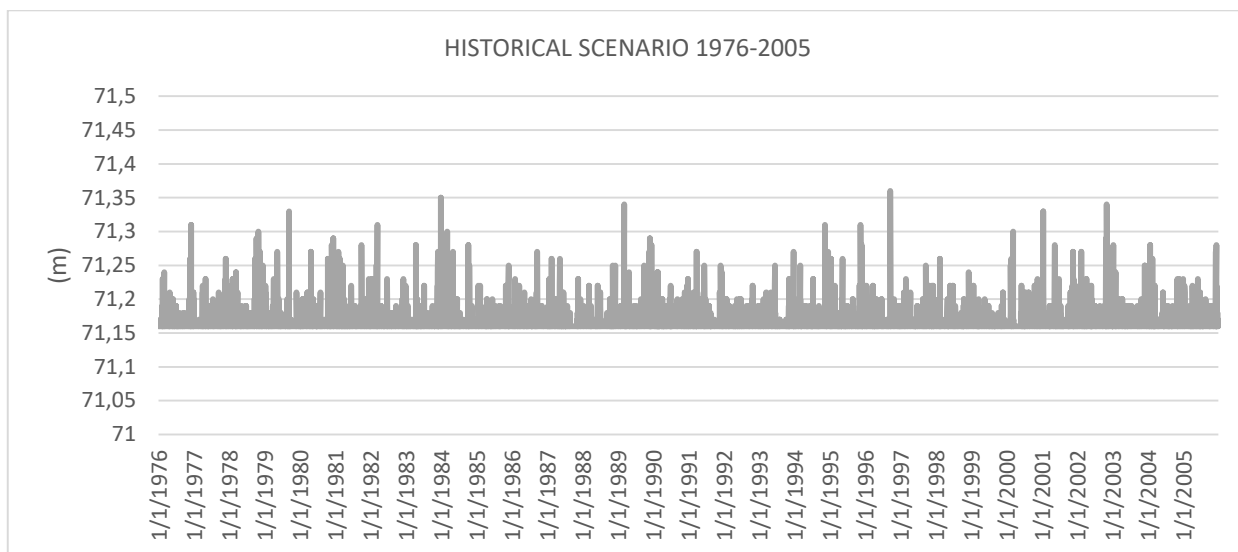


Γ.11 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

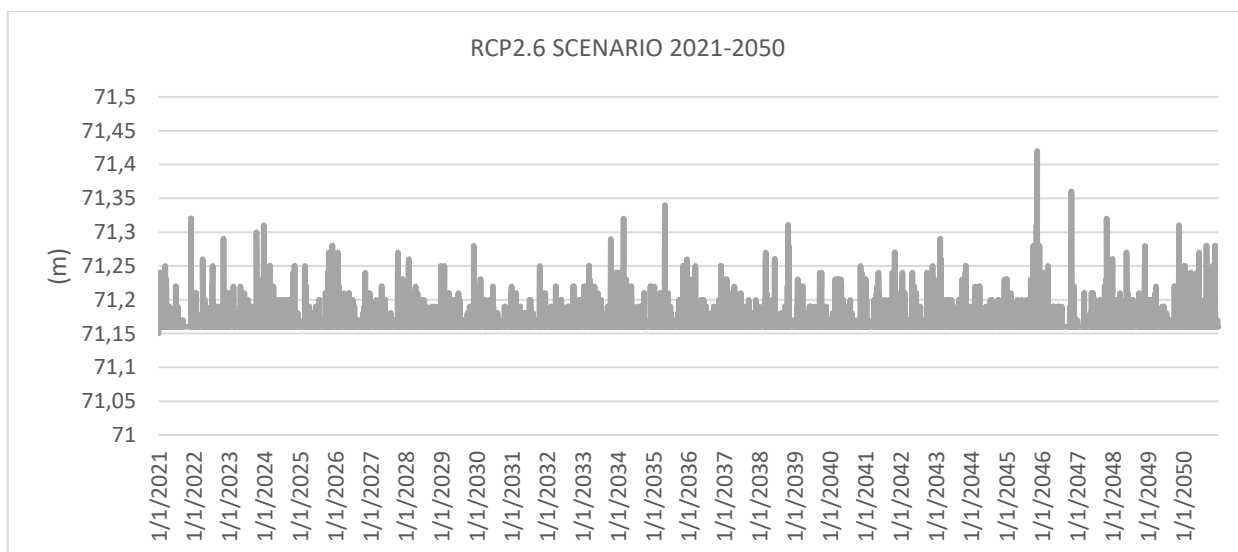


Γ.12 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

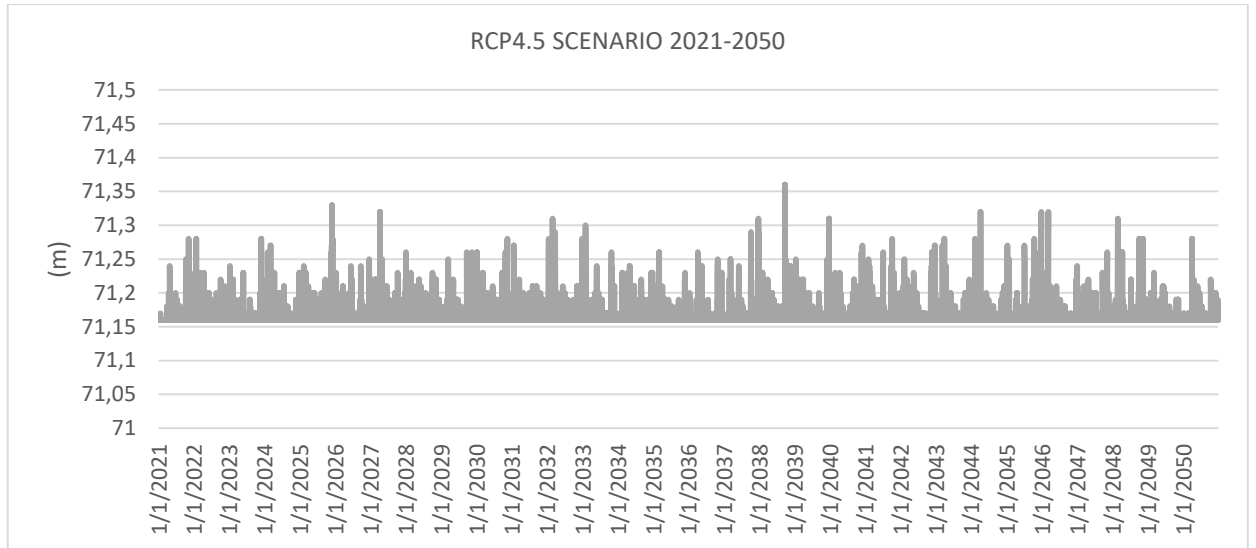
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



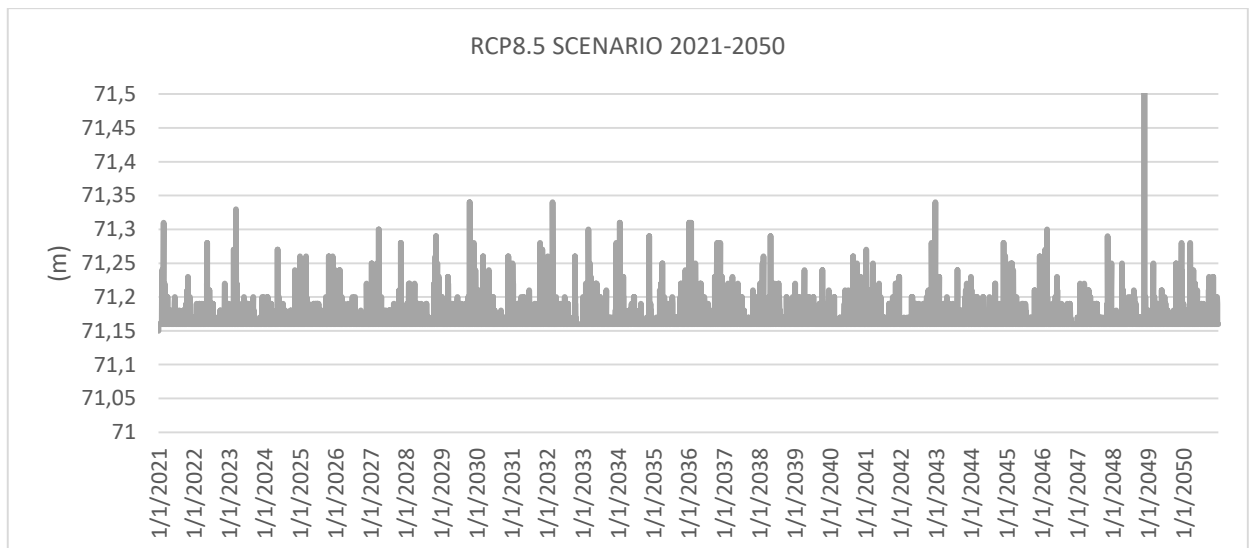
Γ.13 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.14 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

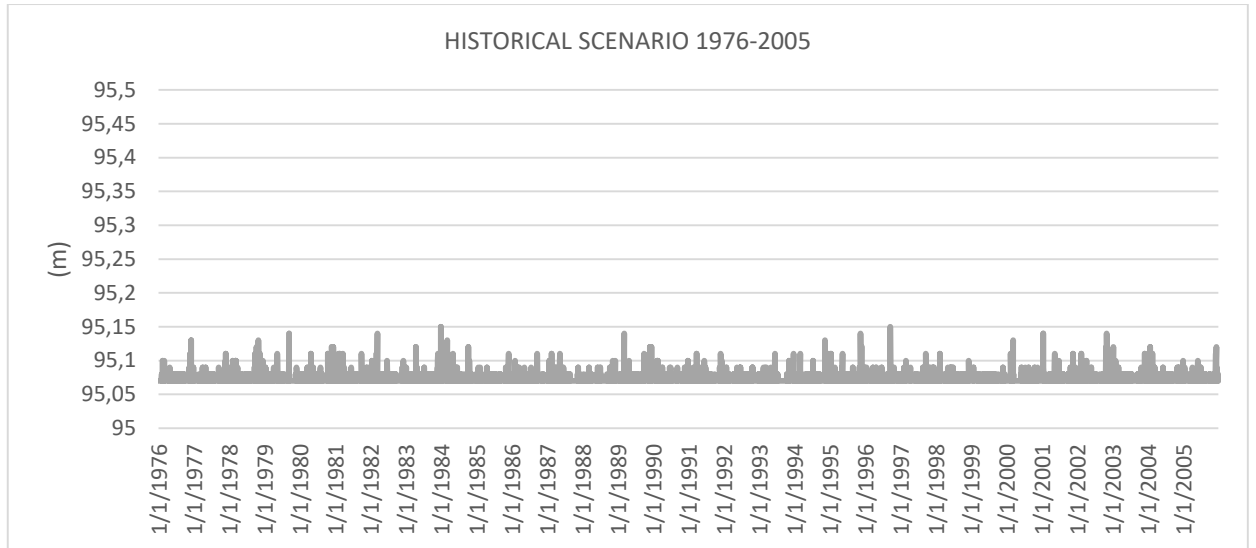


Γ.15 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

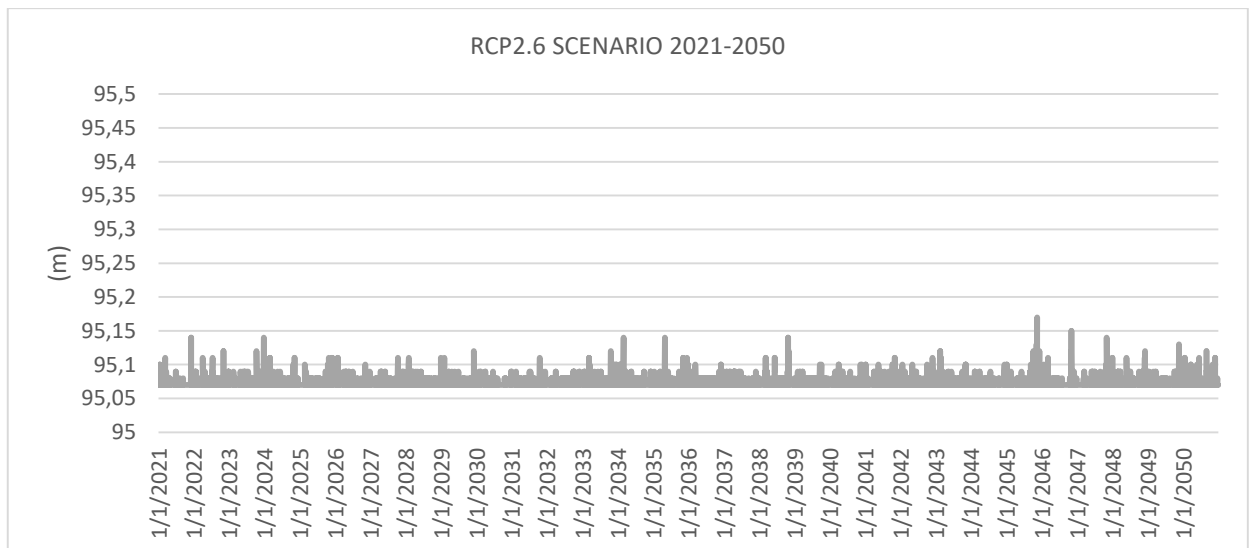


Γ.16 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

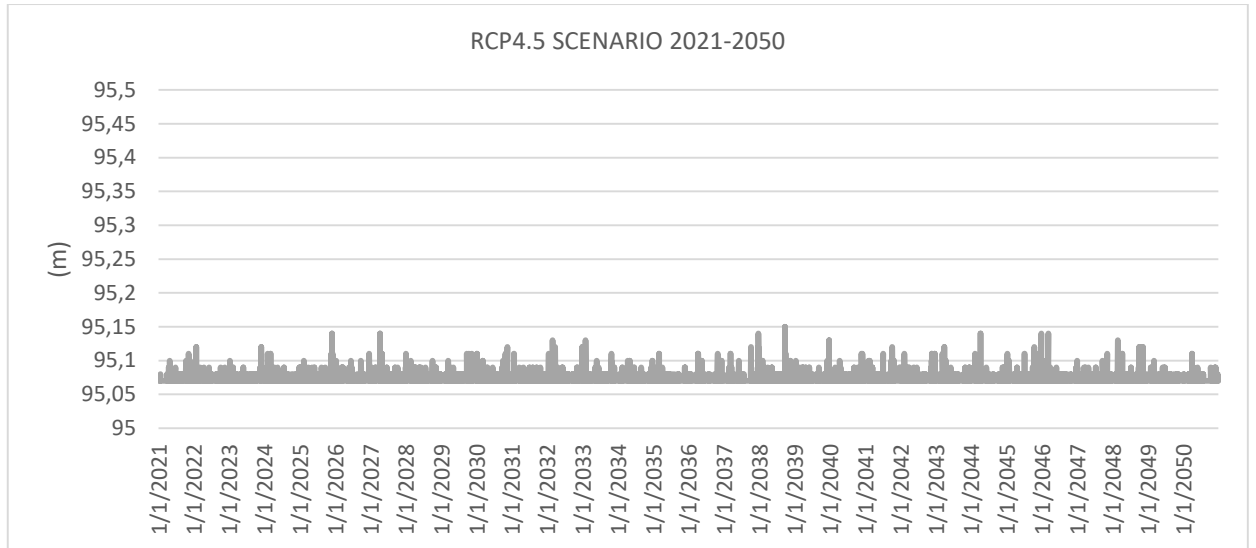




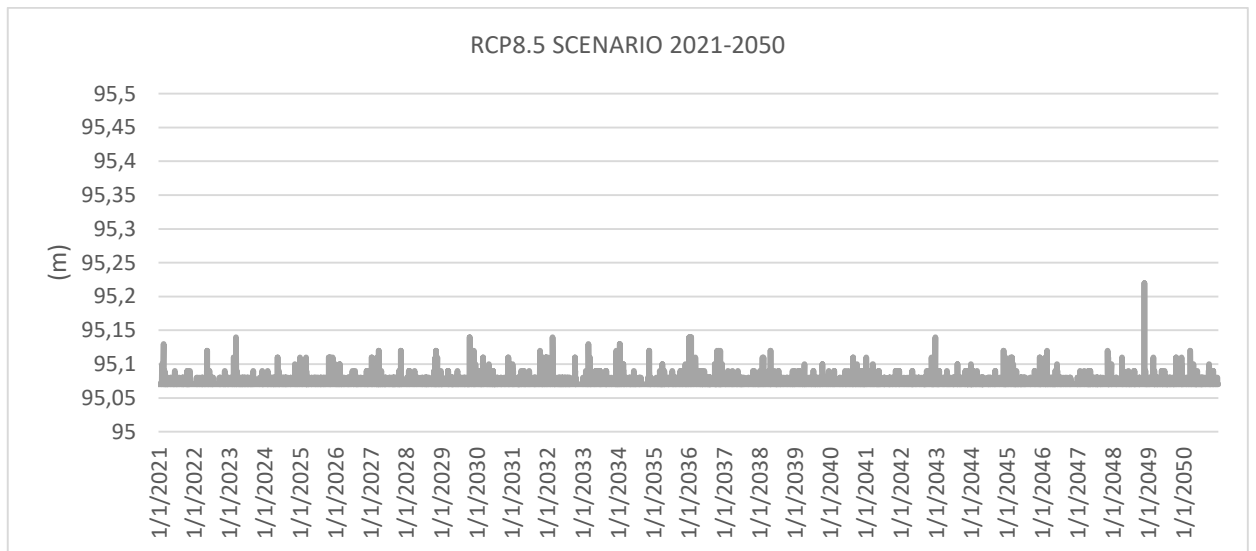
Γ.17 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



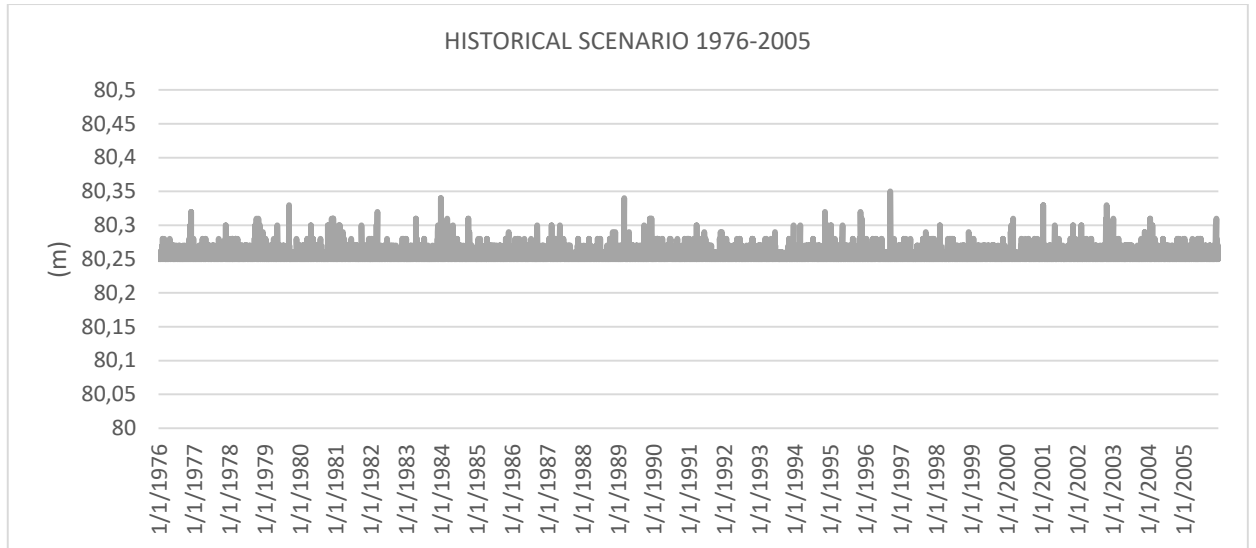
Γ.18 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



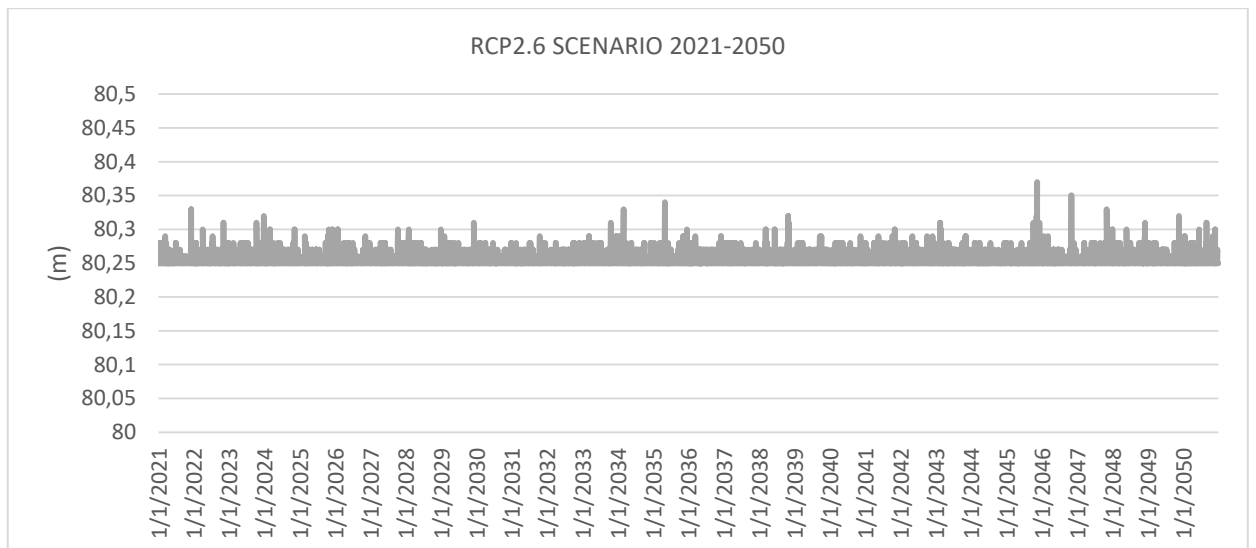
Γ.19 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



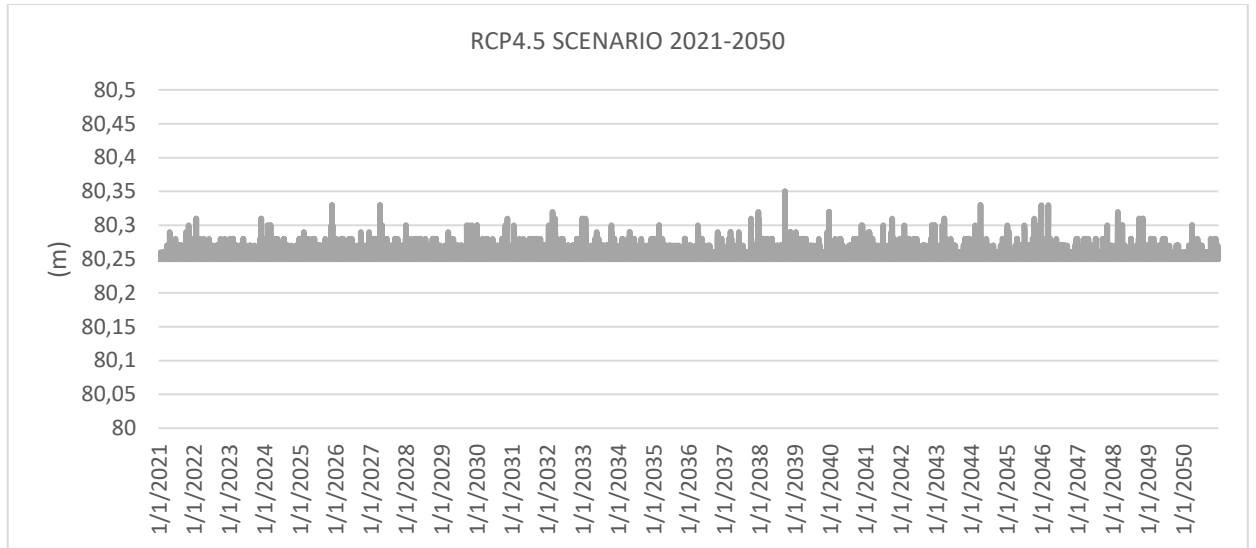
Γ.20 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



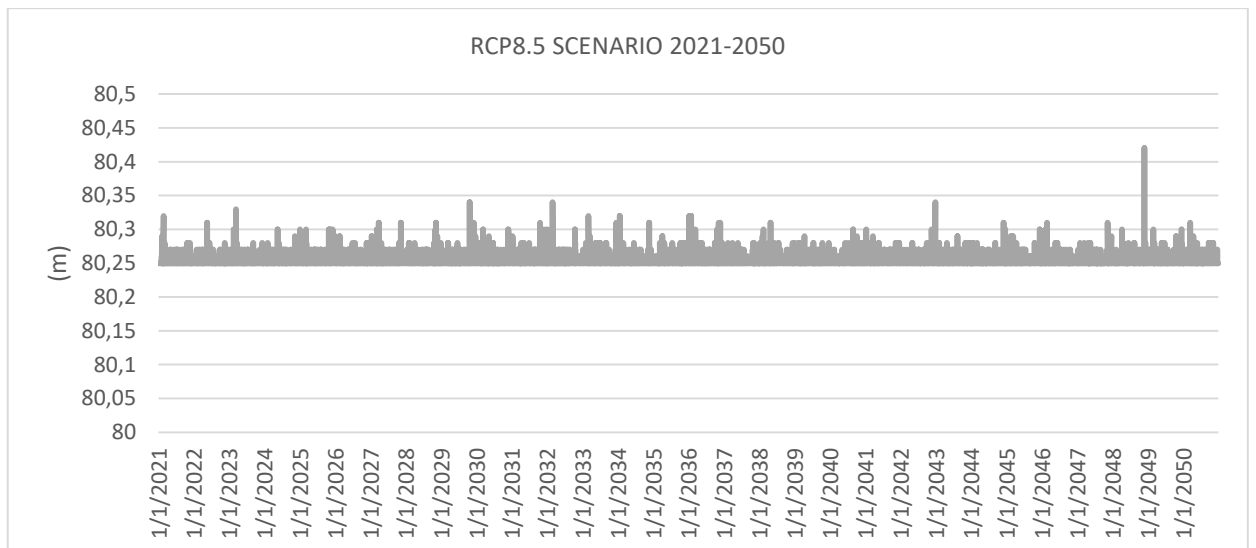
Γ.21 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.22 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

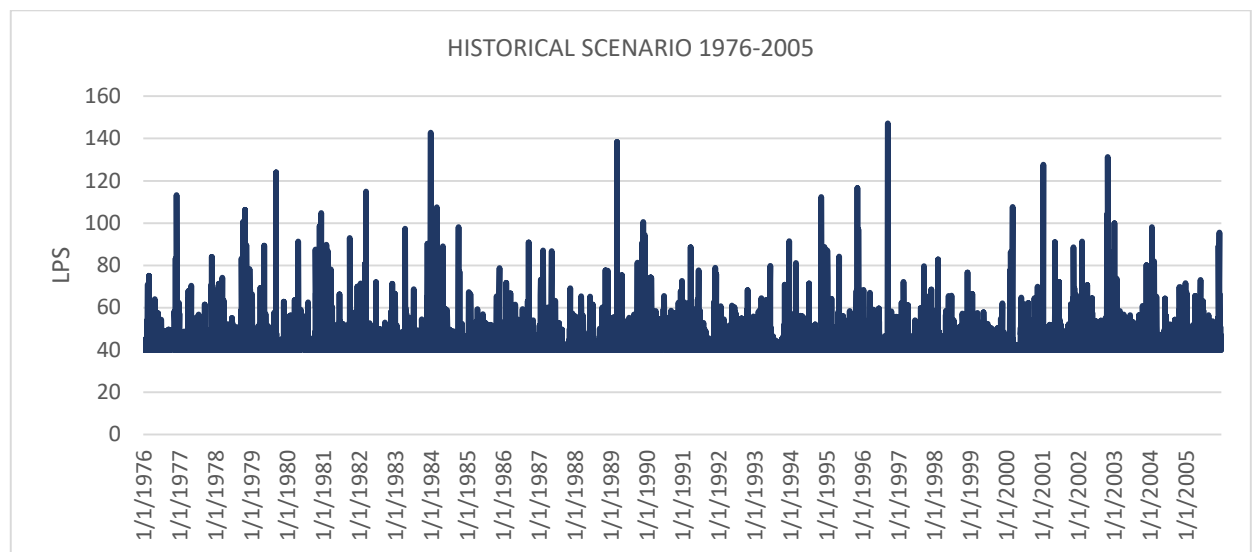


Γ.23 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

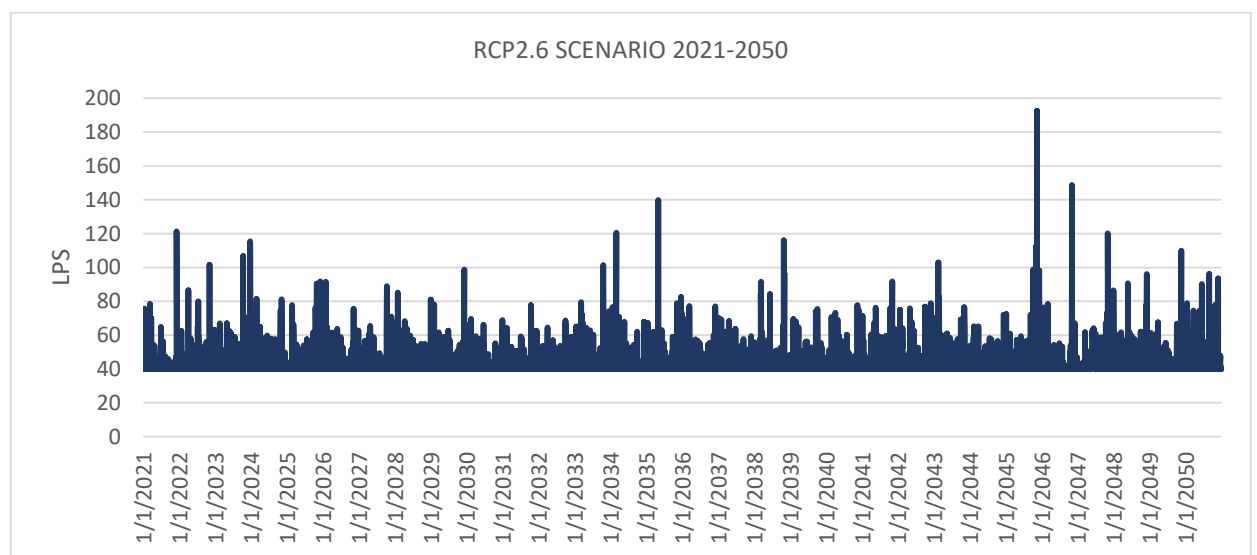


Γ.24 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

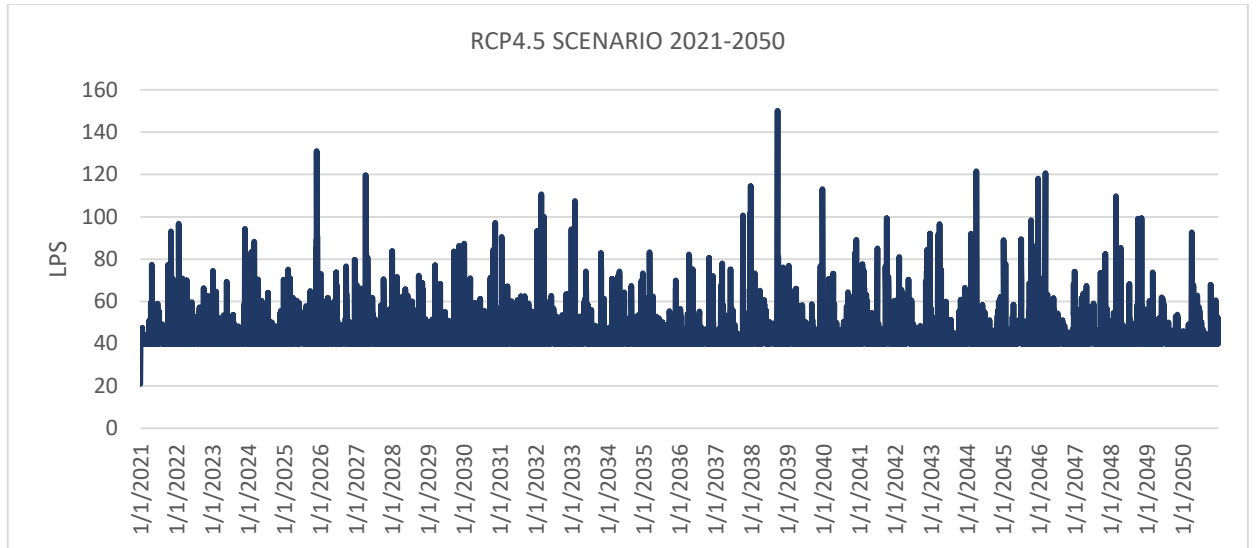
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



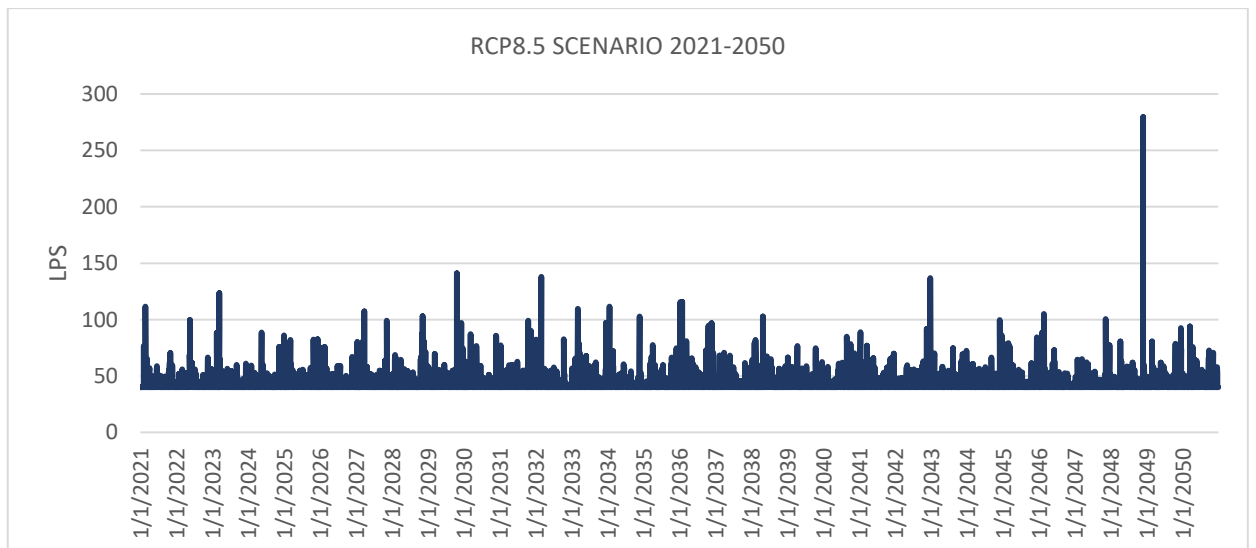
Γ.25 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



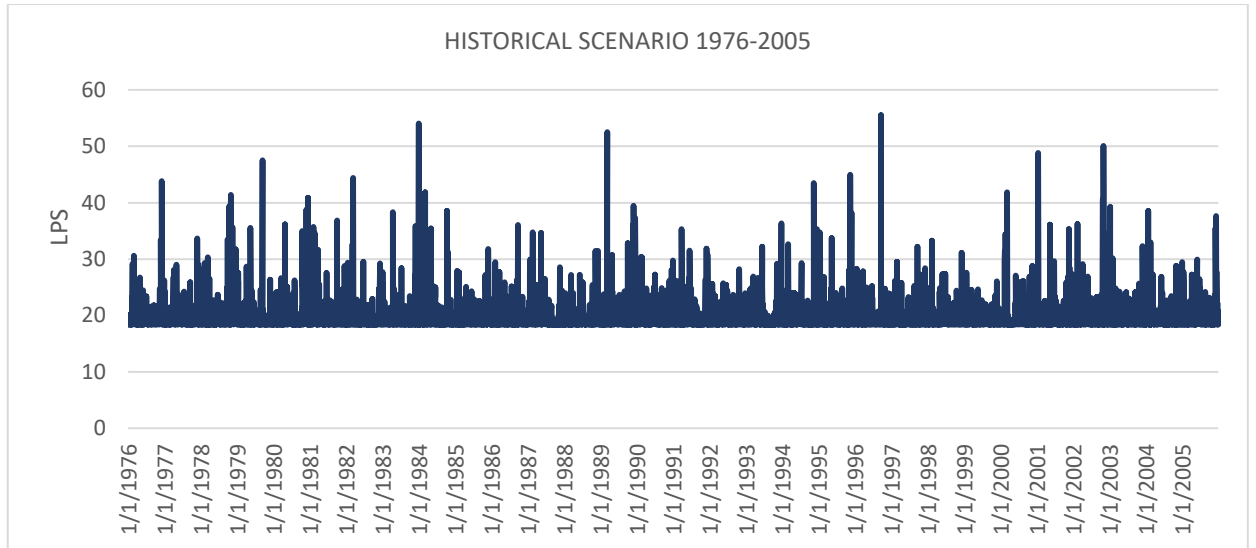
Γ.26 Παροχή αγωγού 8 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



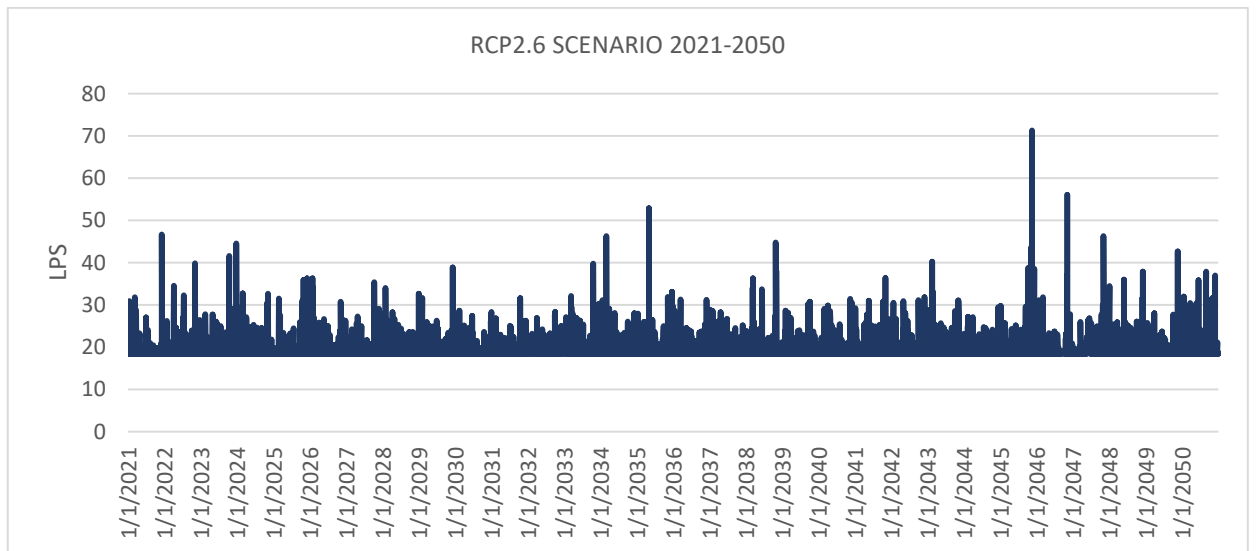
Γ.27 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



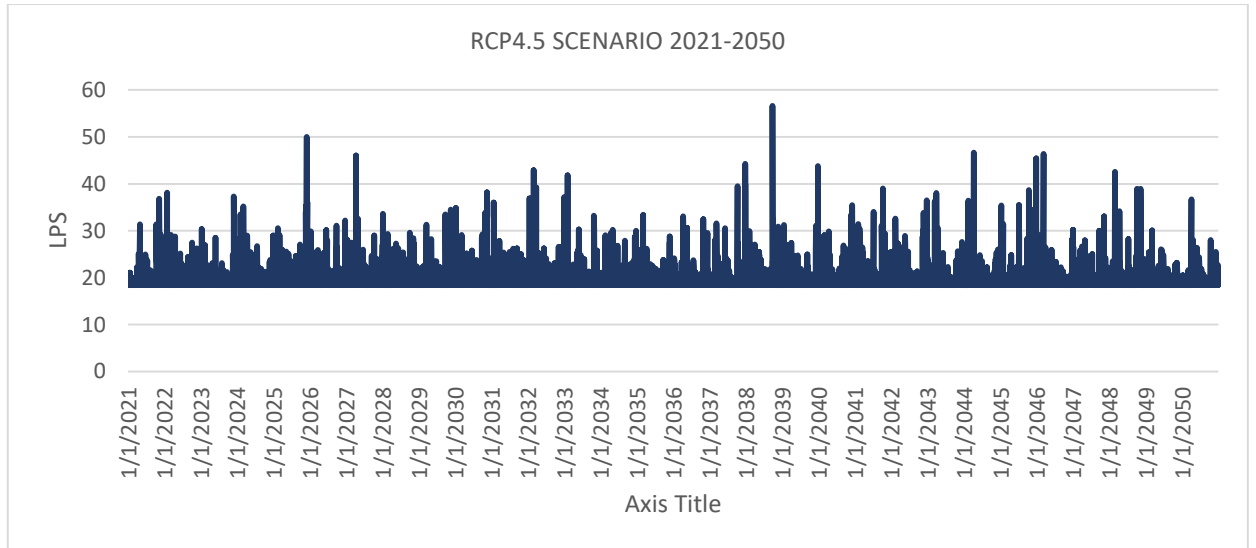
Γ.28 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



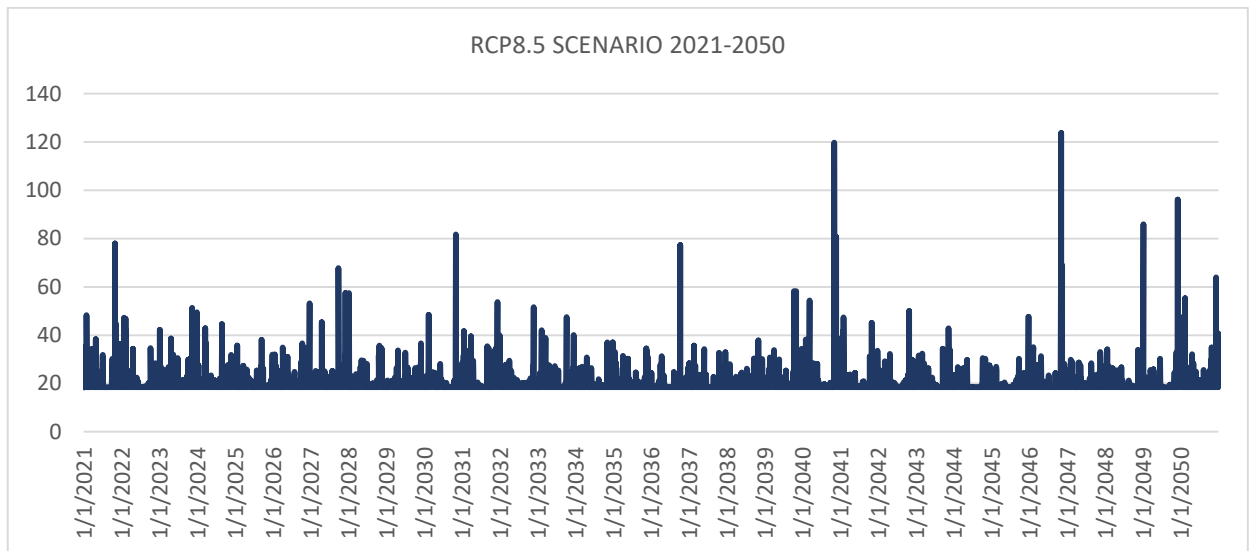
Γ.29 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.30 Παροχή αγωγού 76 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

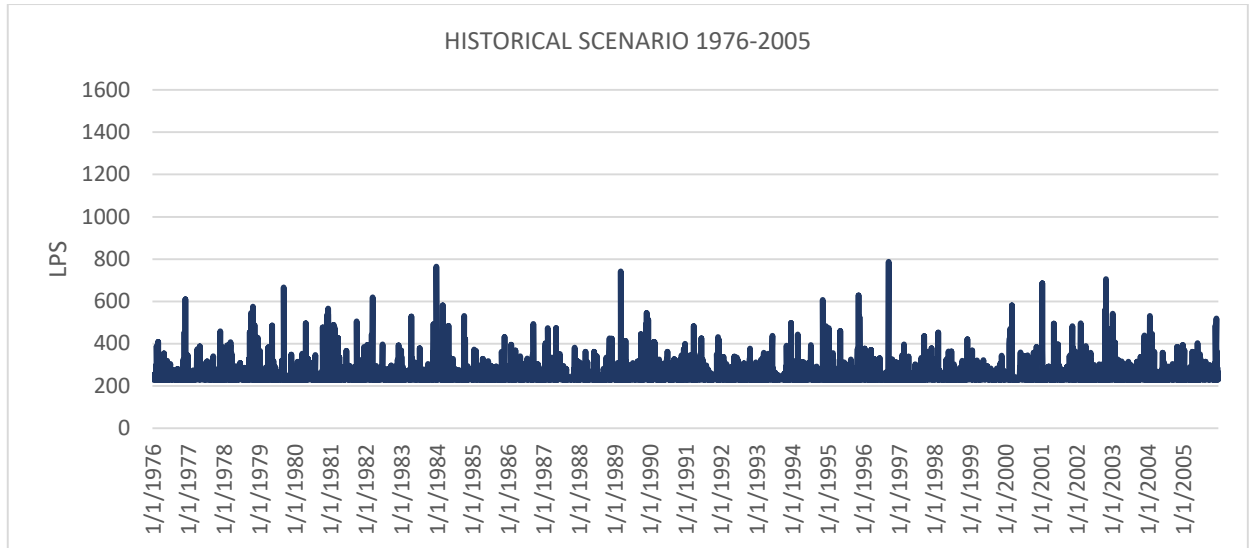


Γ.31 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

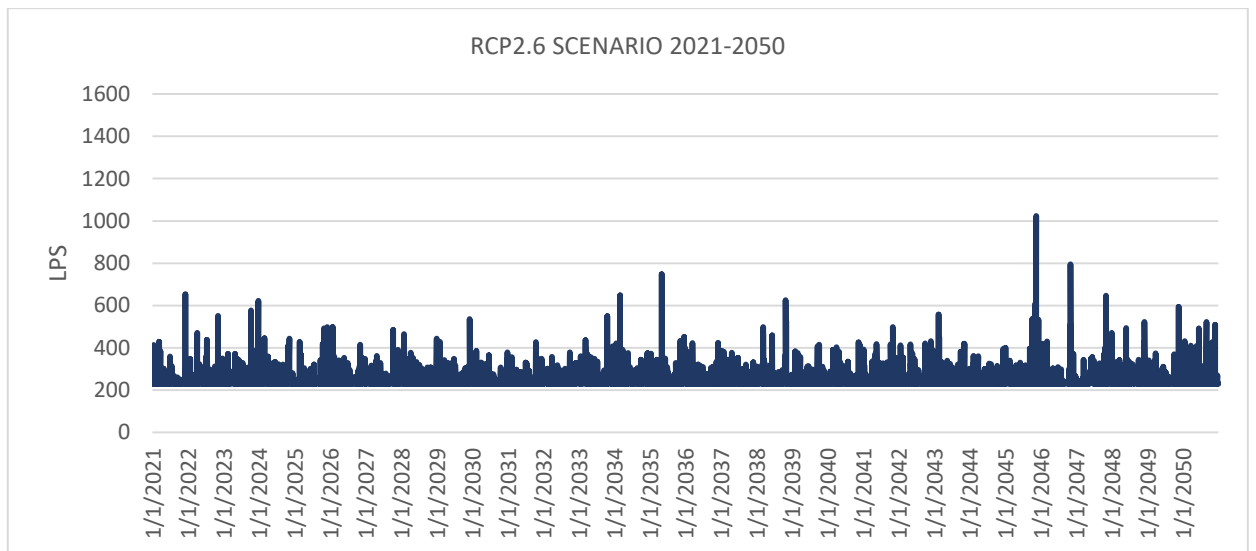


Γ.32 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

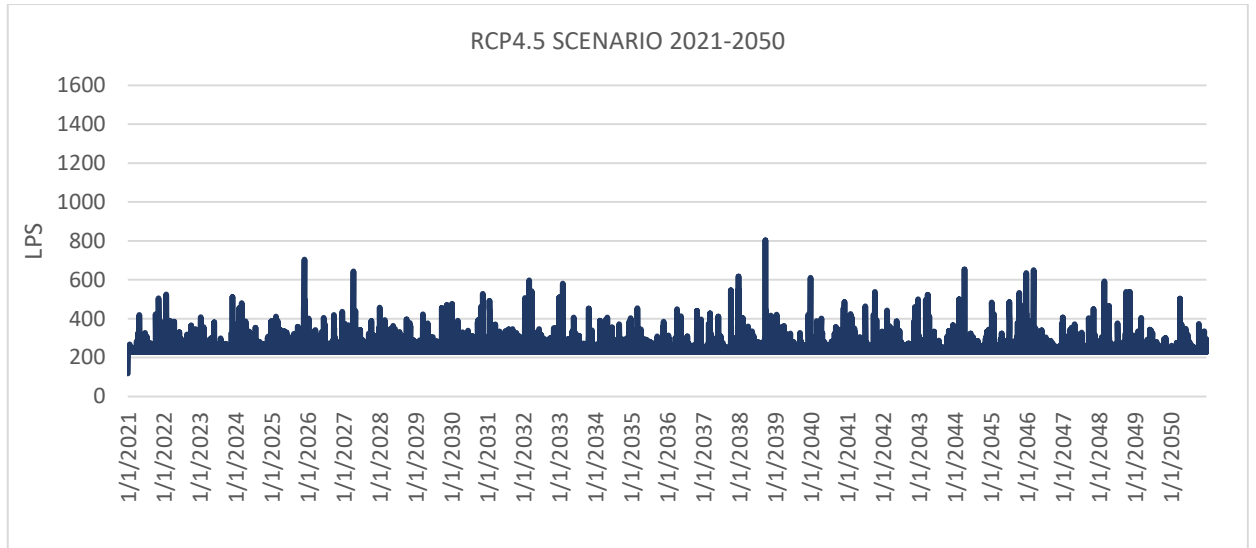




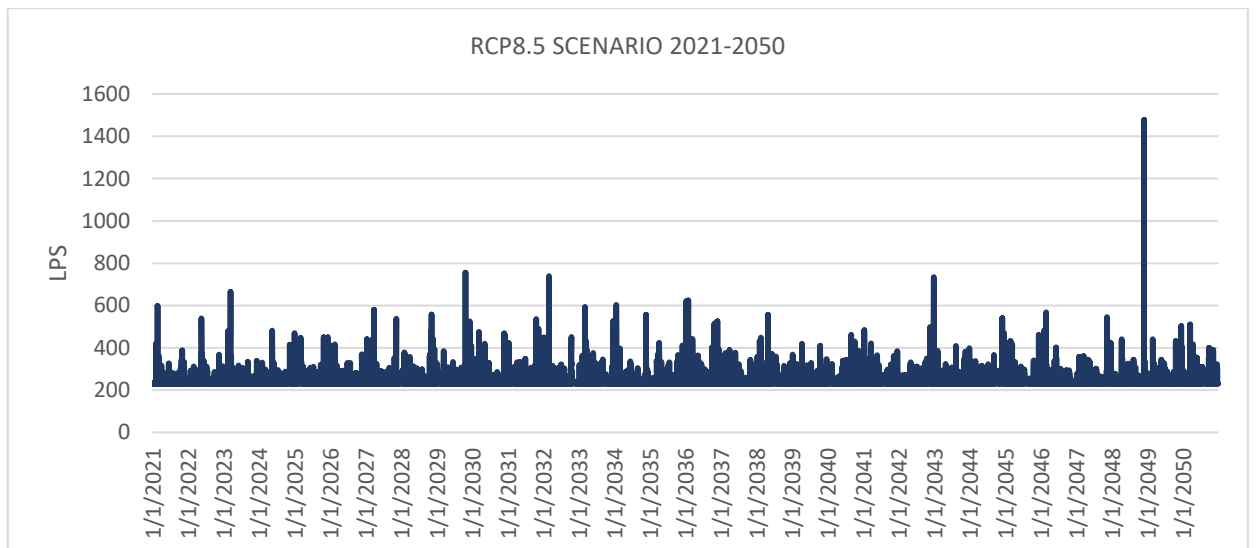
Γ.33 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Γ.34 Παροχή αγωγού 99 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



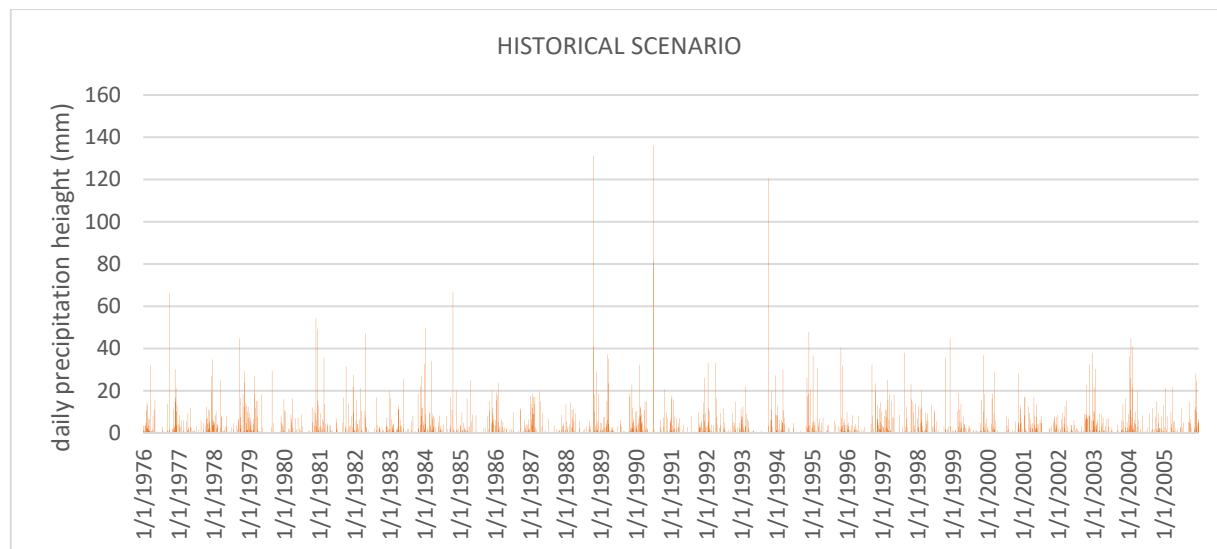
Γ.35 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



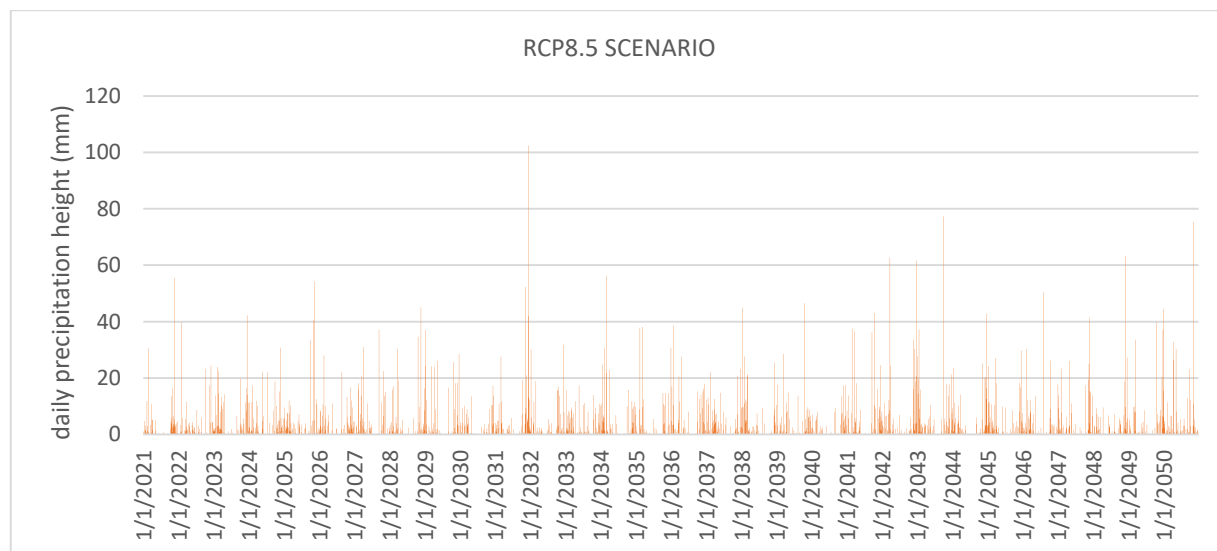
Γ.36 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MONTELO CNRM-ALADIN53 - CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SMHI-RCA4-CNRM - CERFACS-  
CNRM-CM5

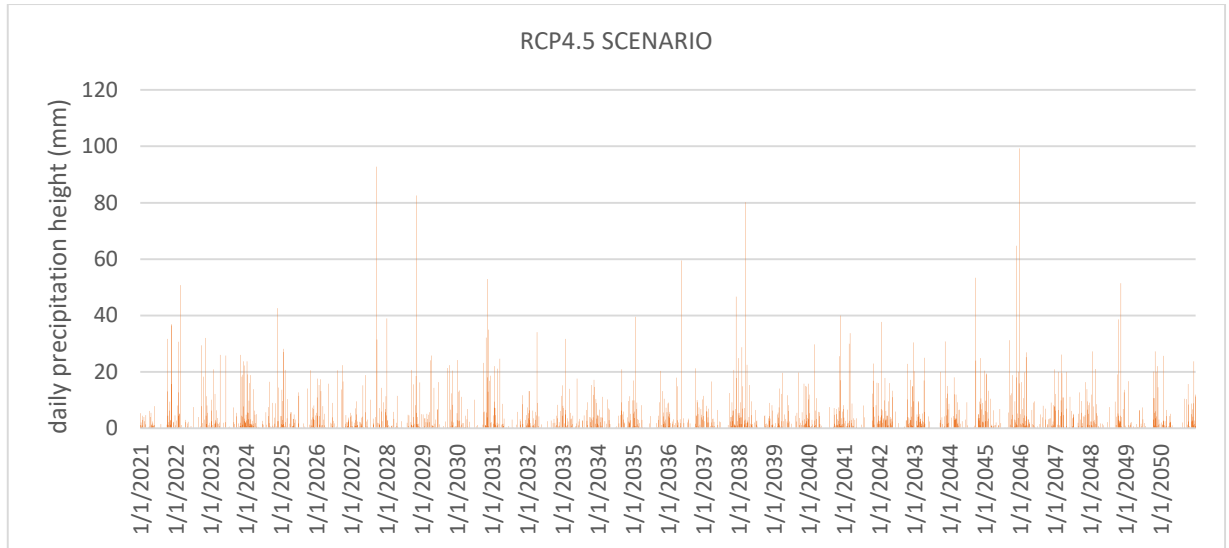
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



Δ.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

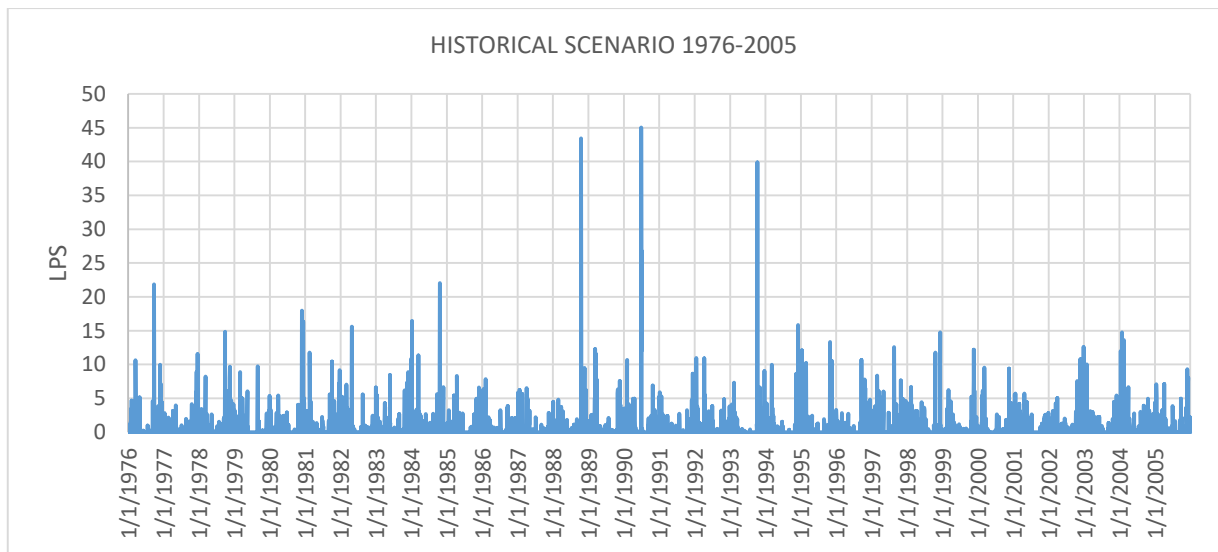


Δ.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

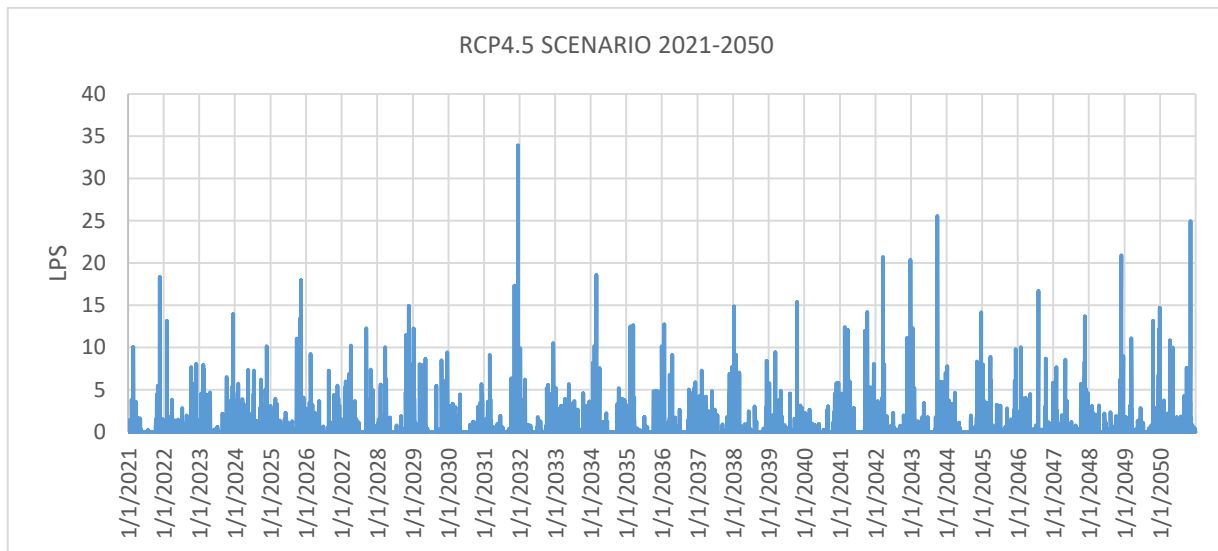


Δ.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

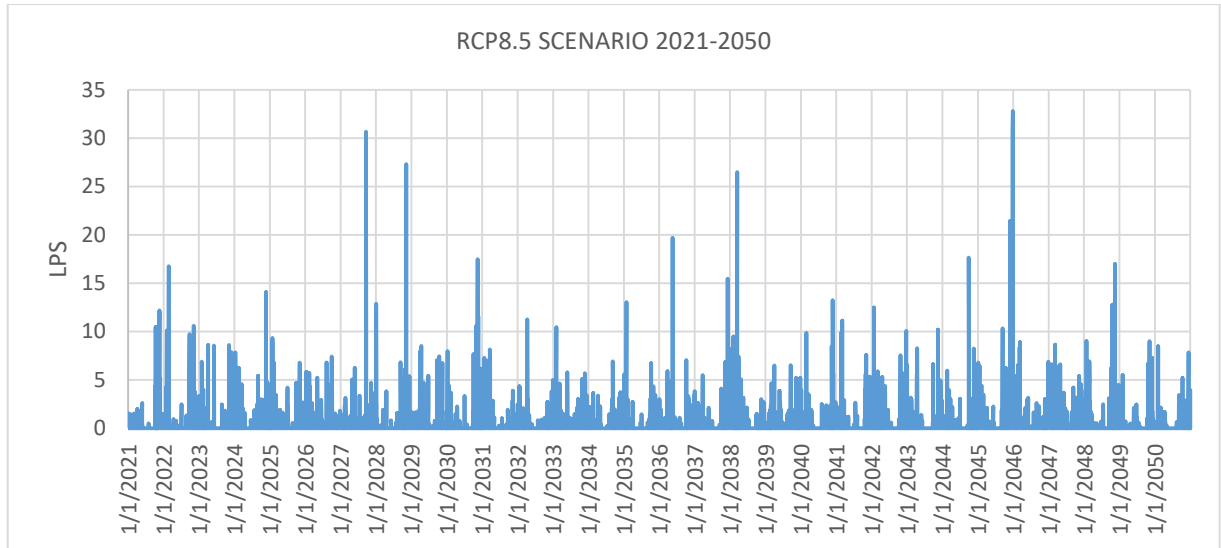
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



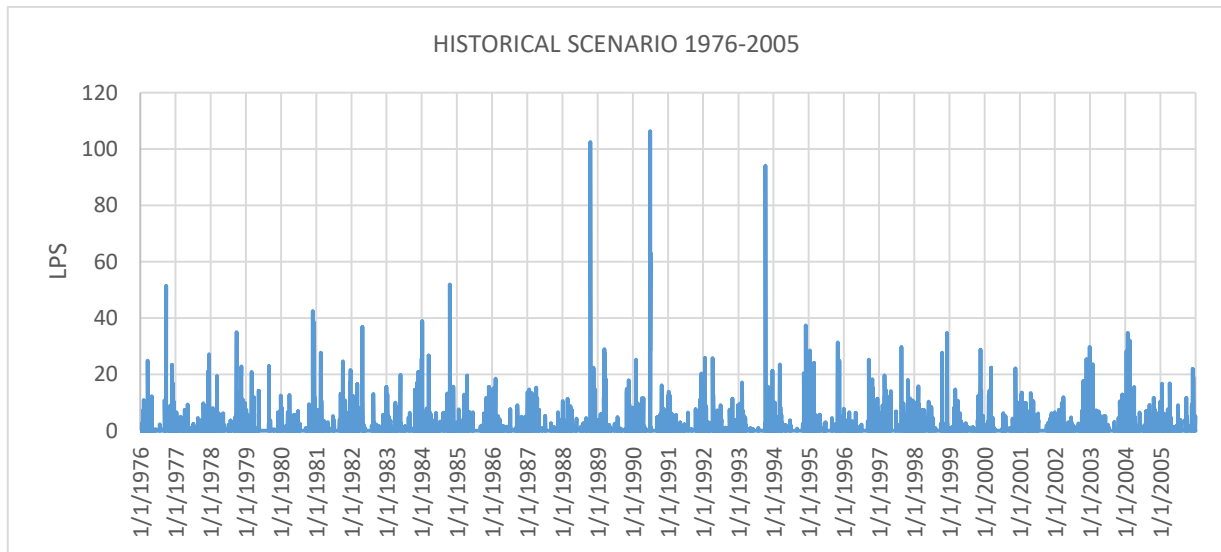
Δ.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



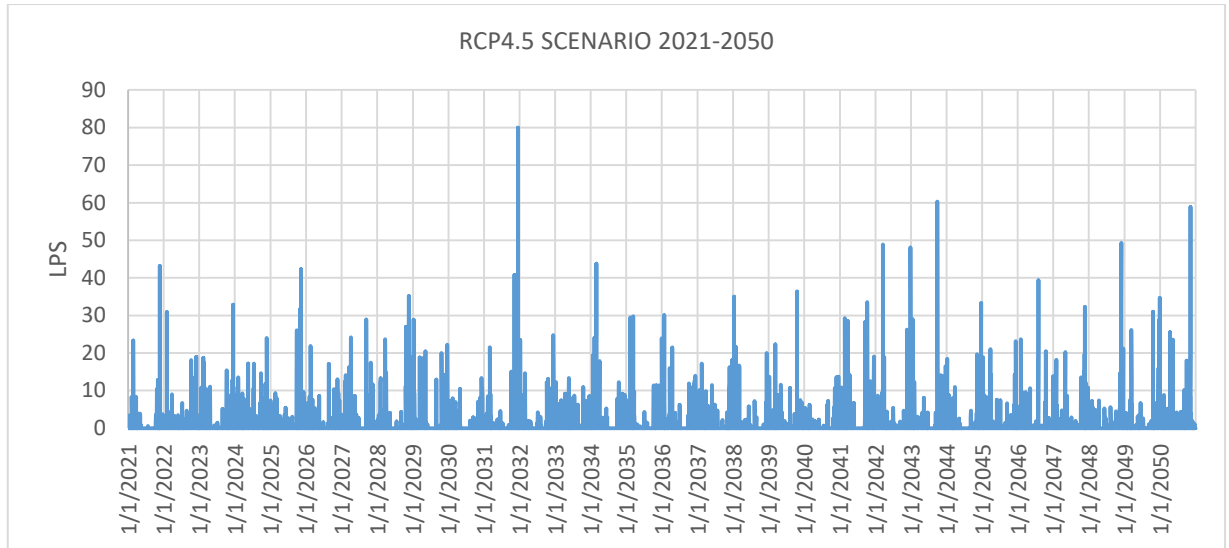
Δ.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



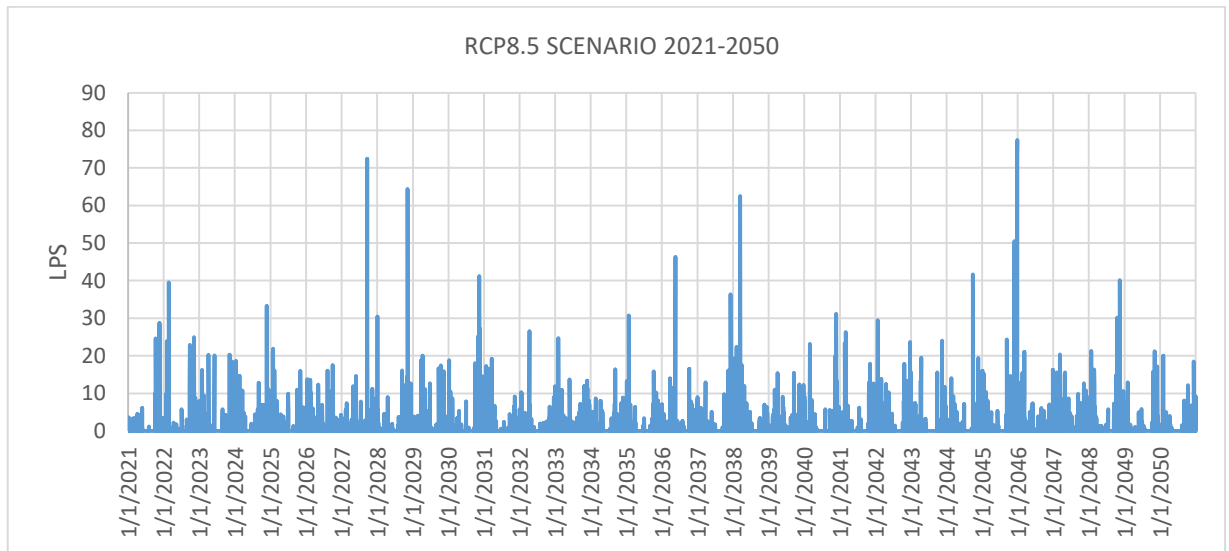
Δ.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Δ.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

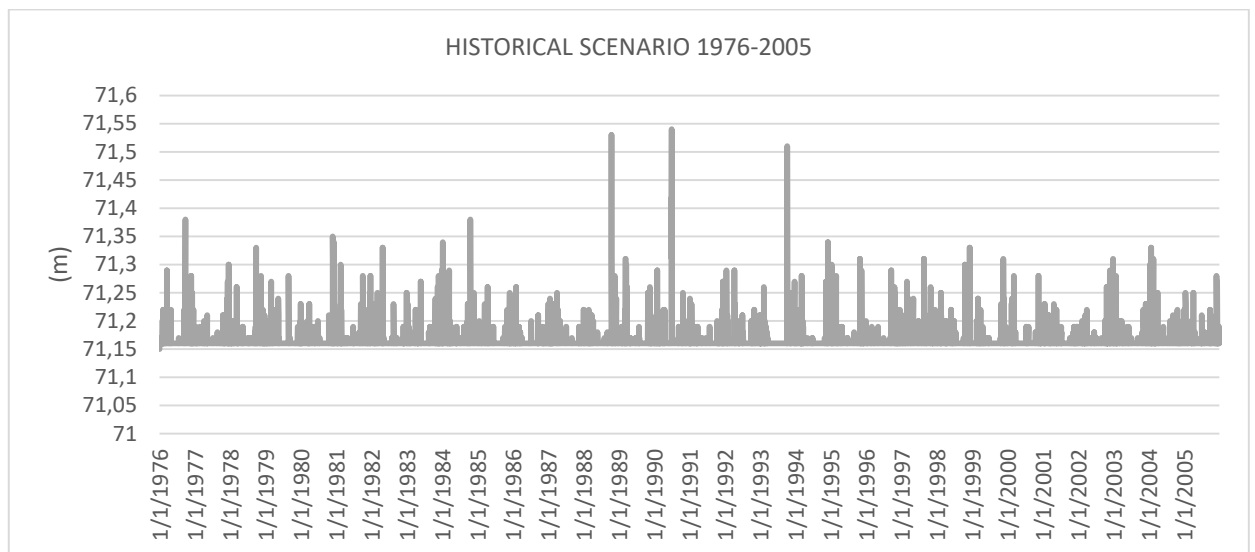


Δ.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

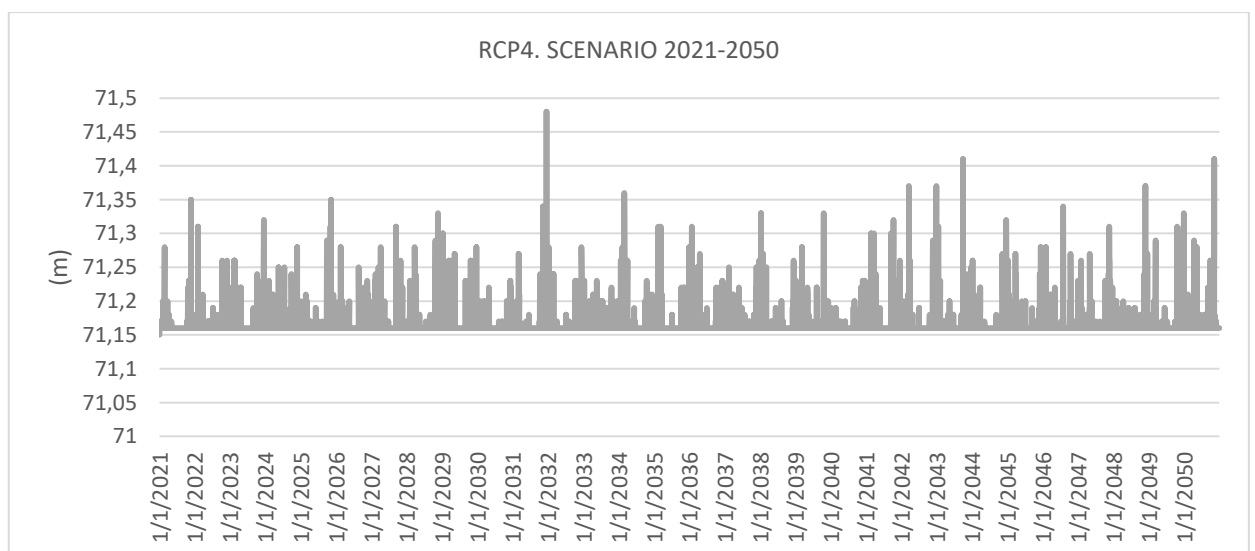


Δ.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ

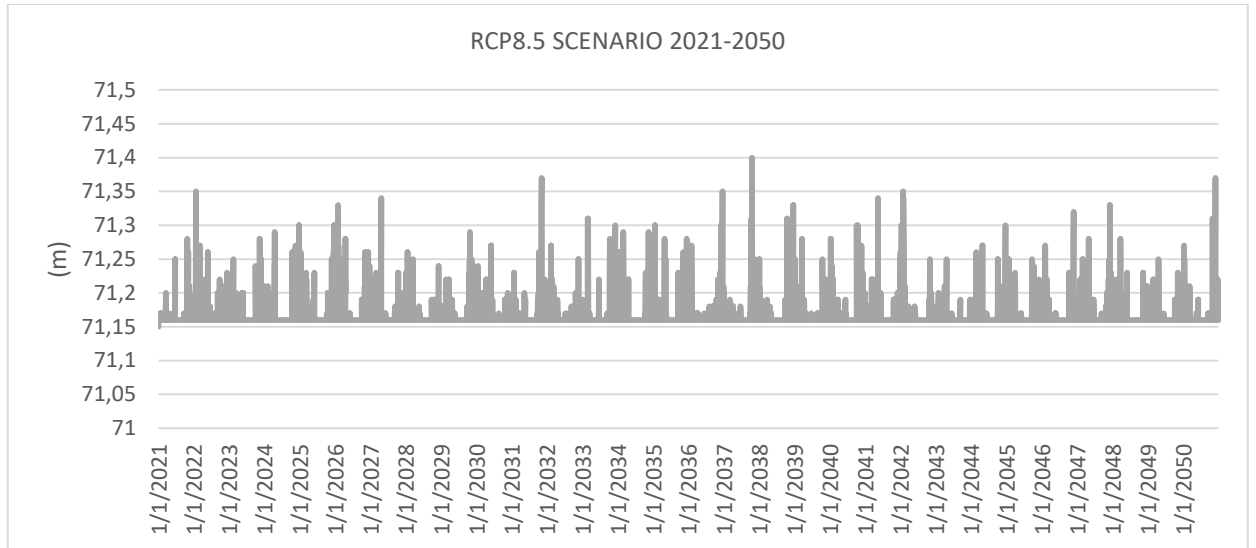


Δ.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

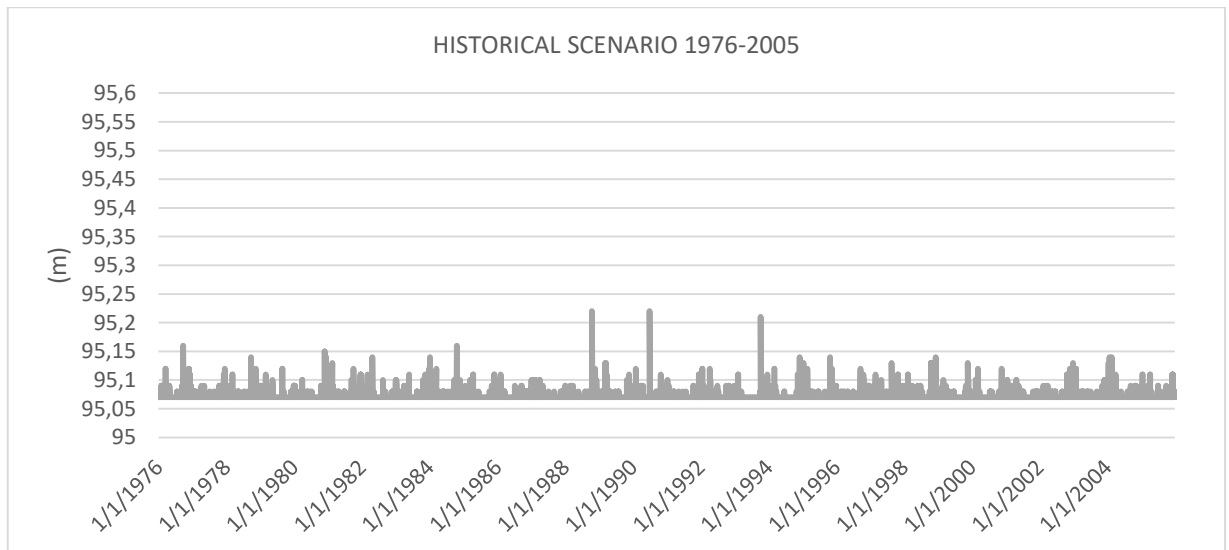


Δ.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

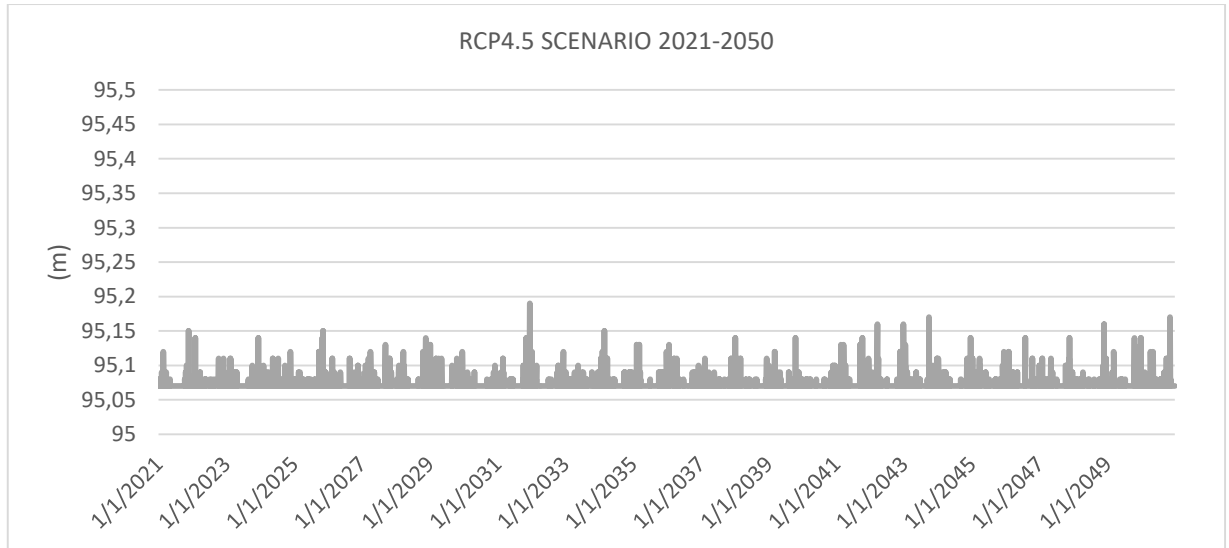




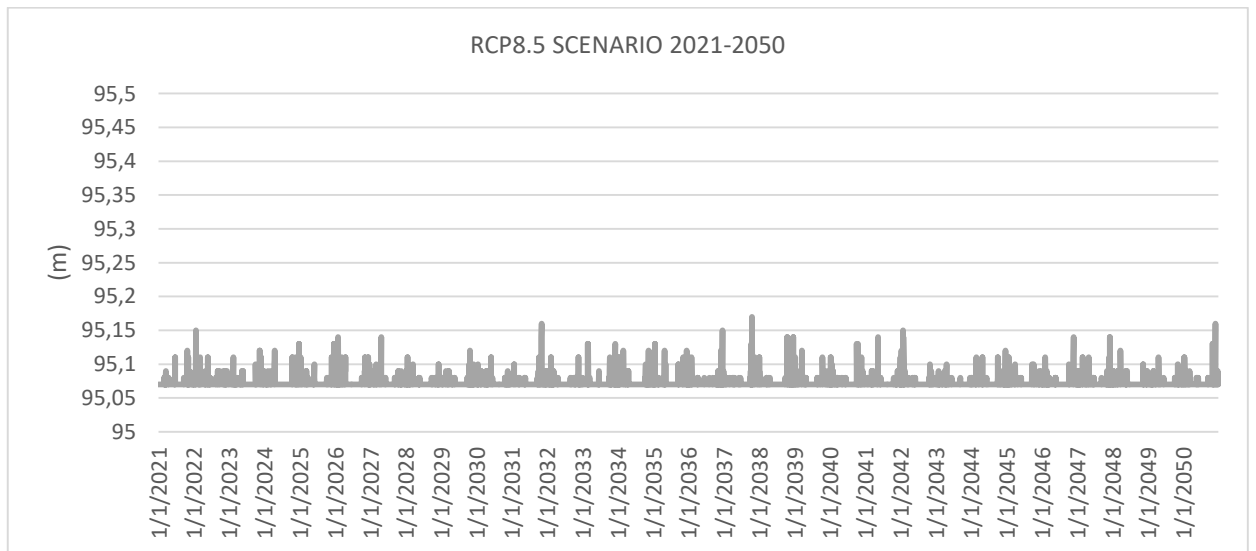
Δ.12 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



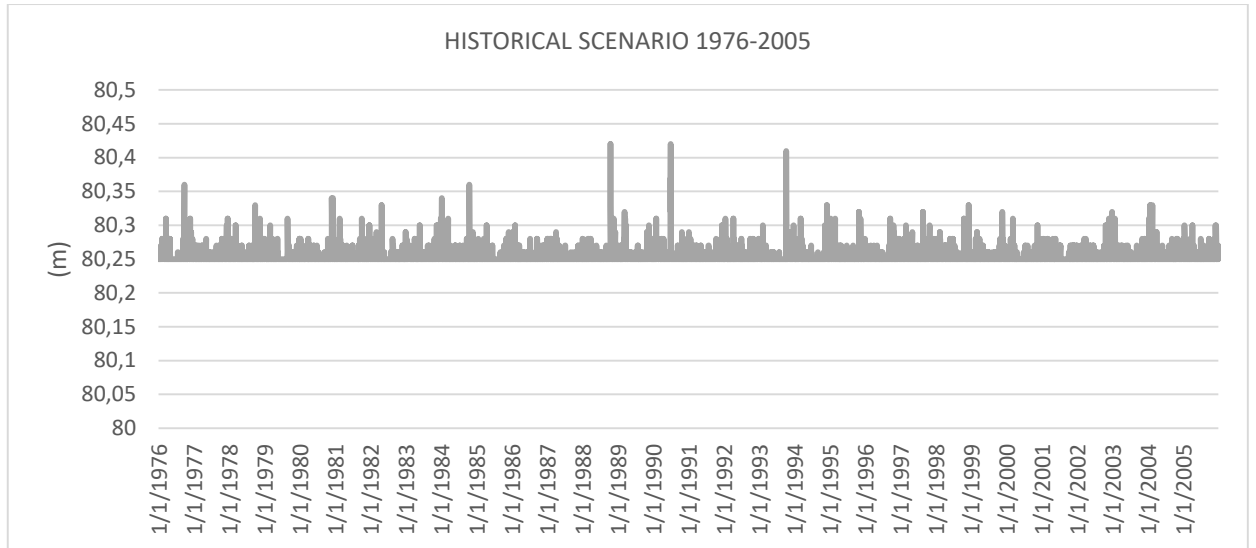
Δ.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



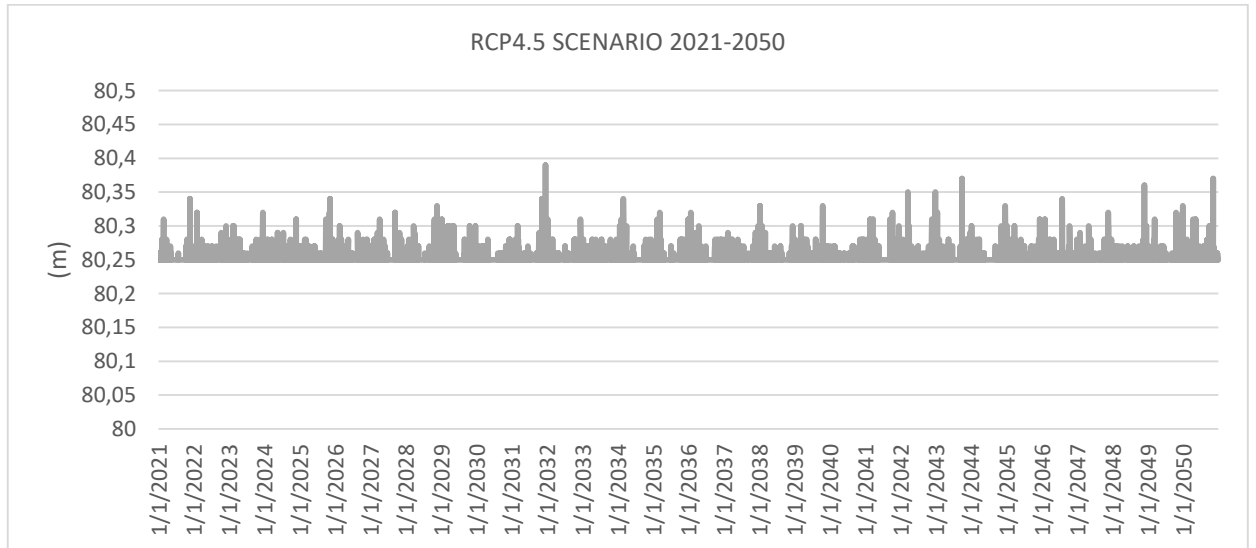
Δ.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



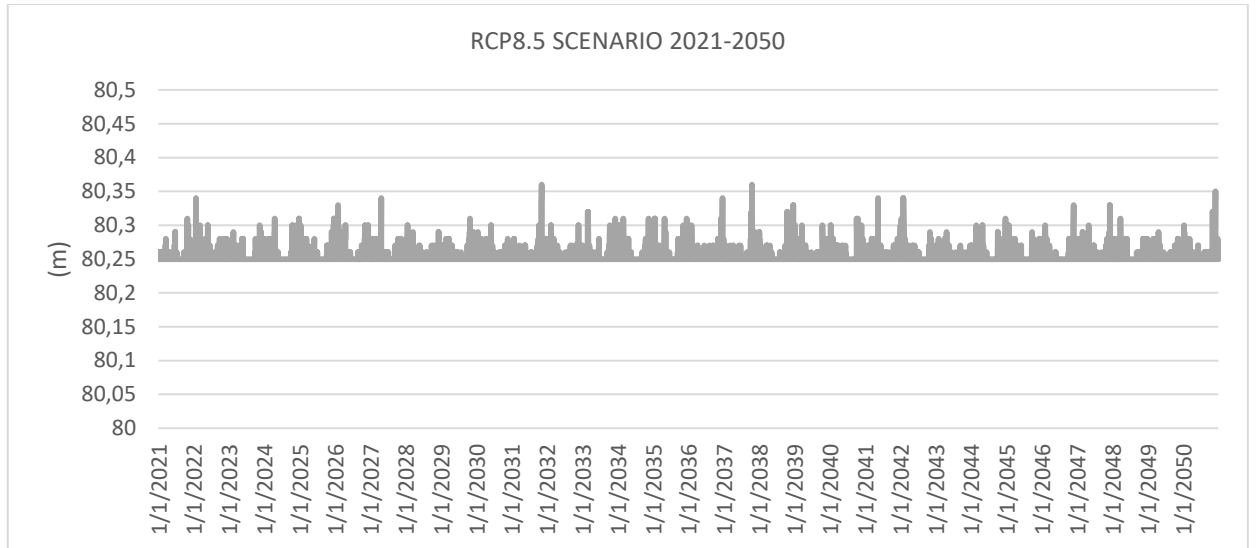
Δ.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Δ.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

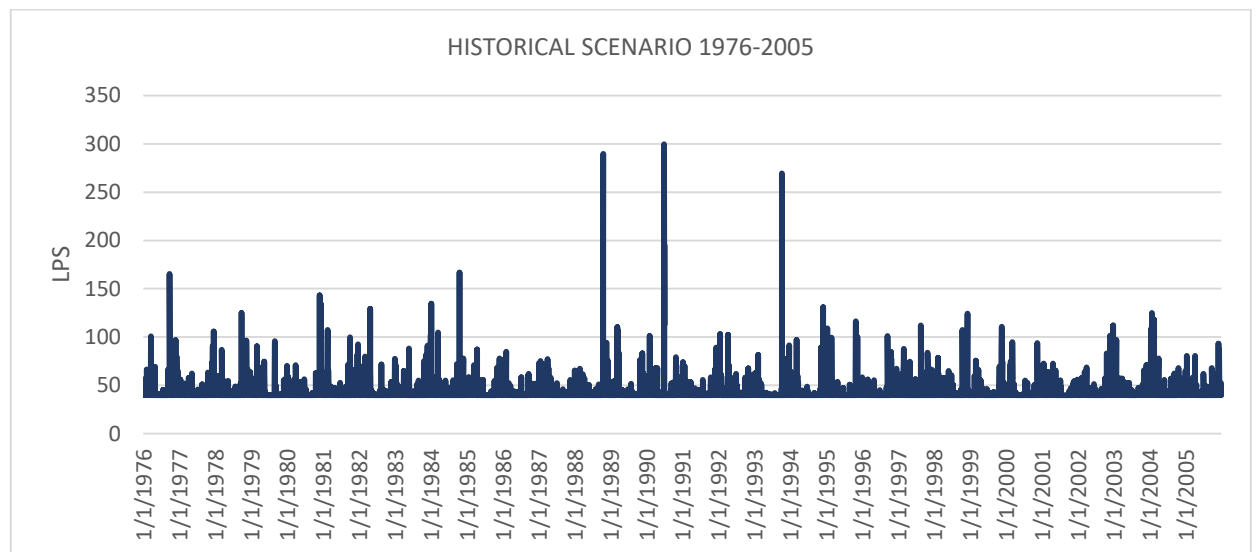


Δ.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

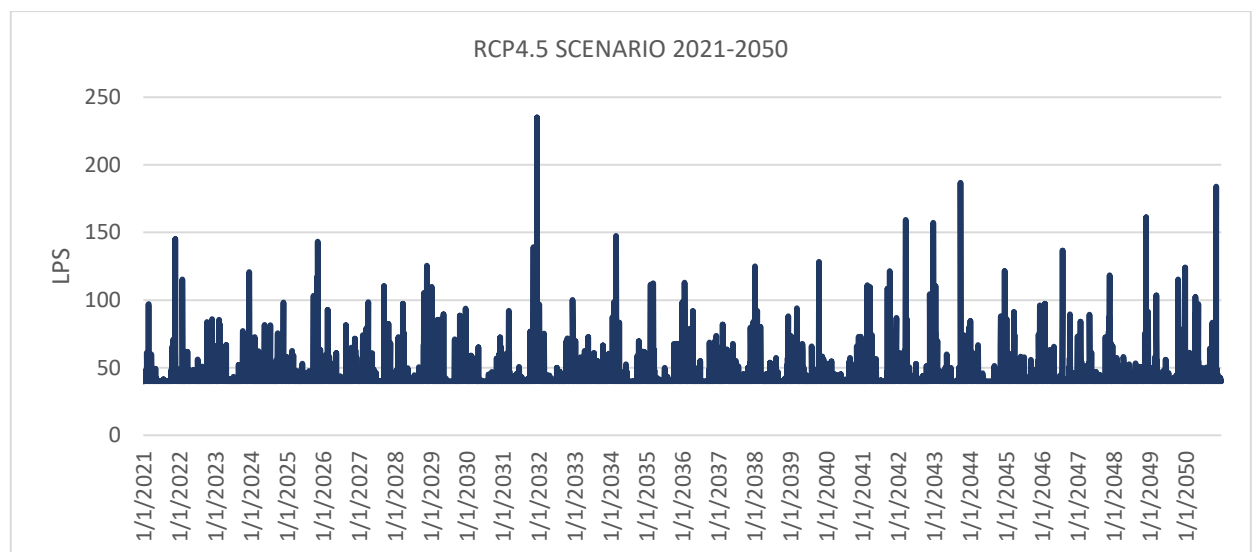


Δ.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

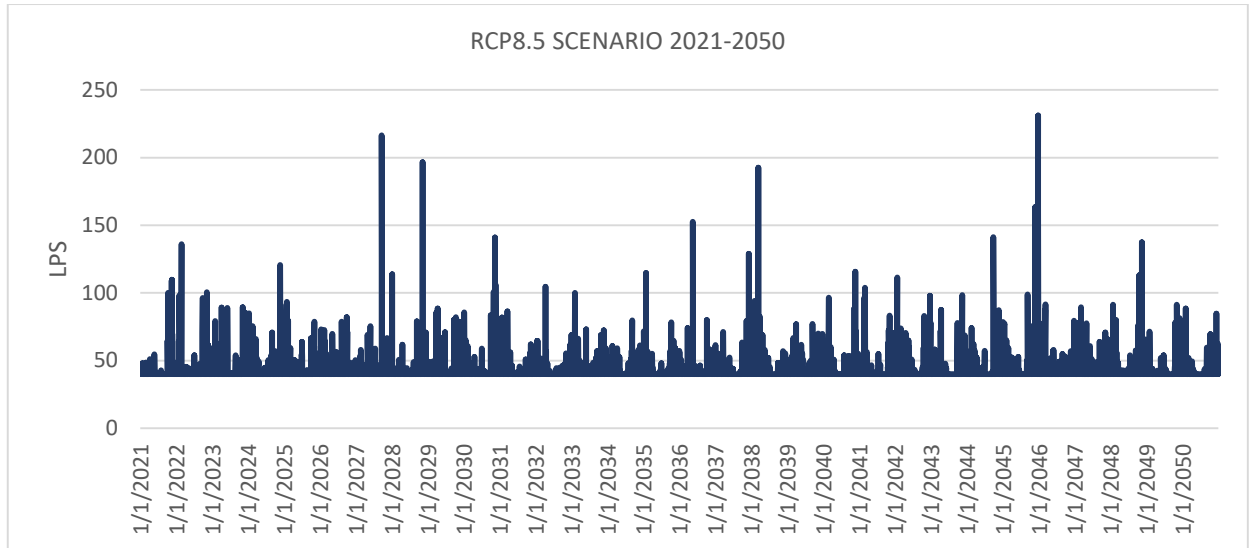
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



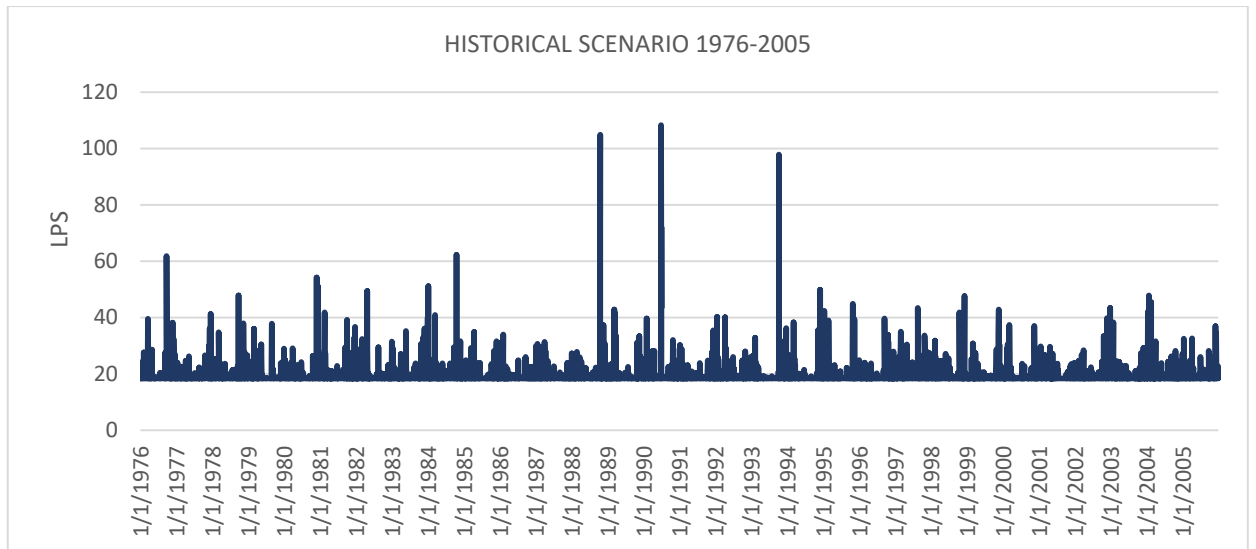
Δ.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



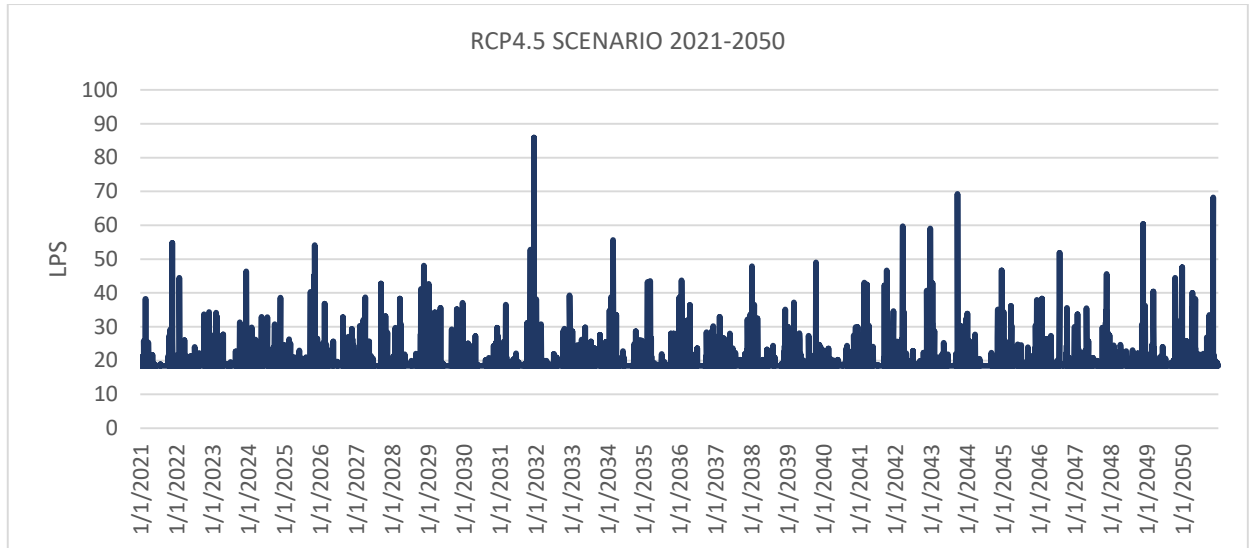
Δ.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



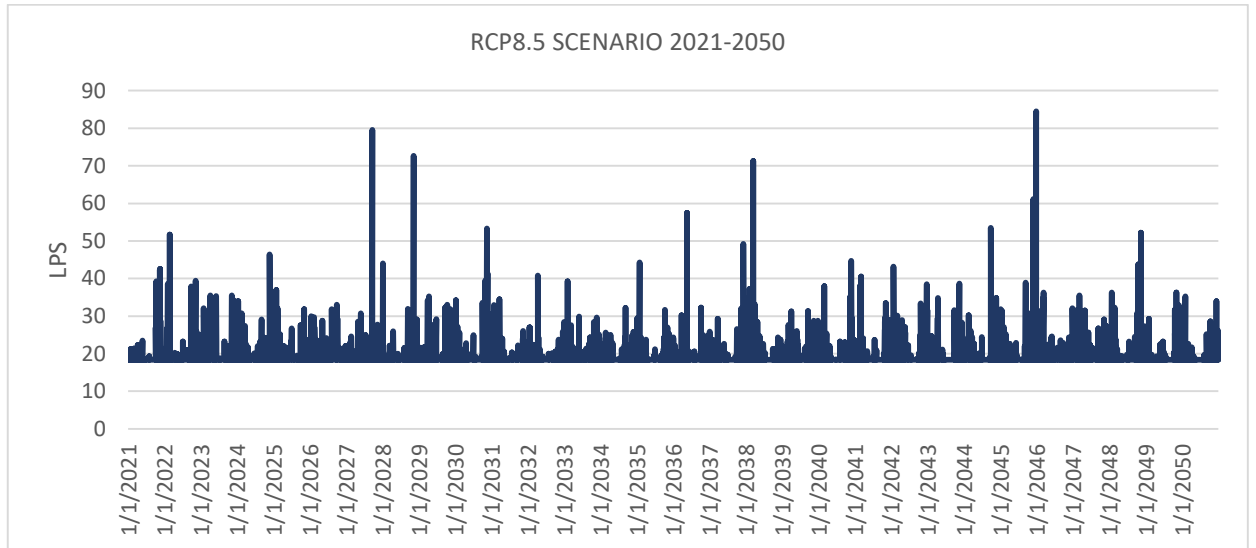
Δ.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



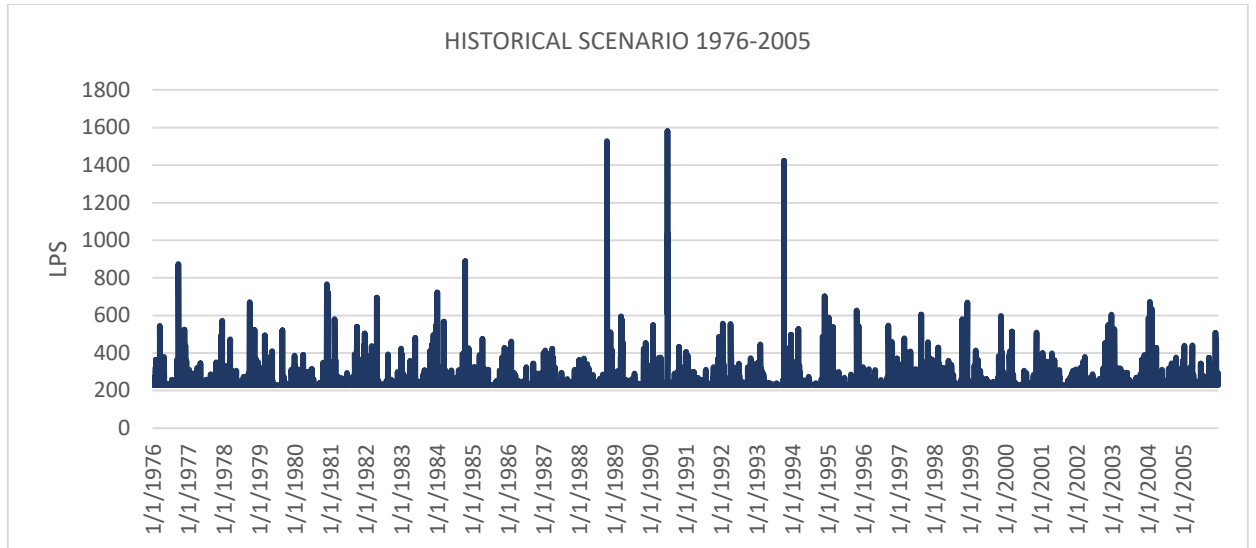
Δ.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



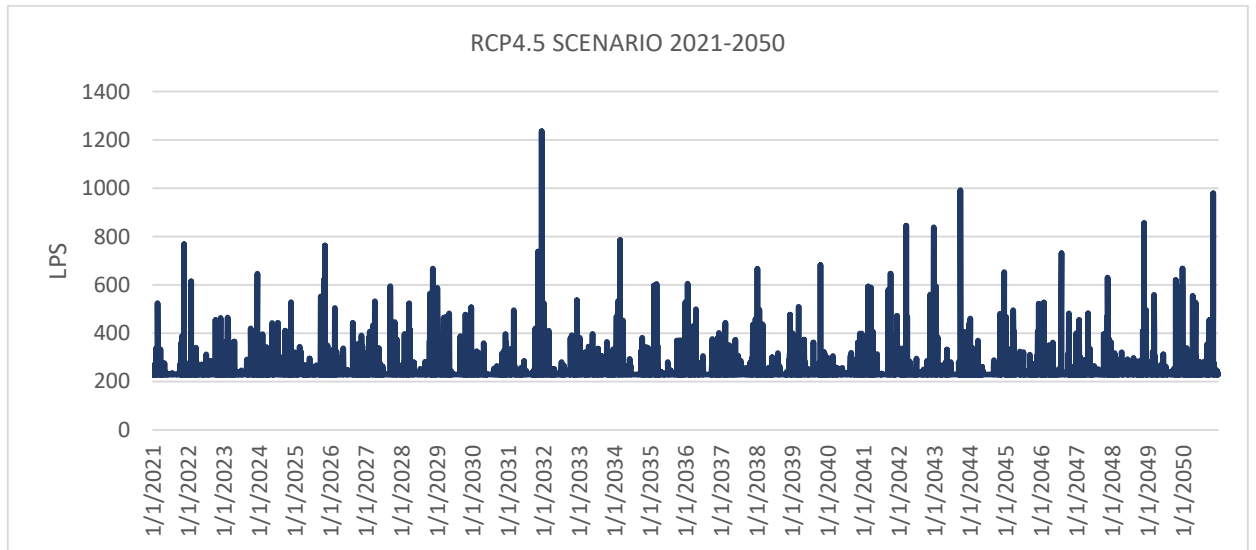
Δ.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Δ.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

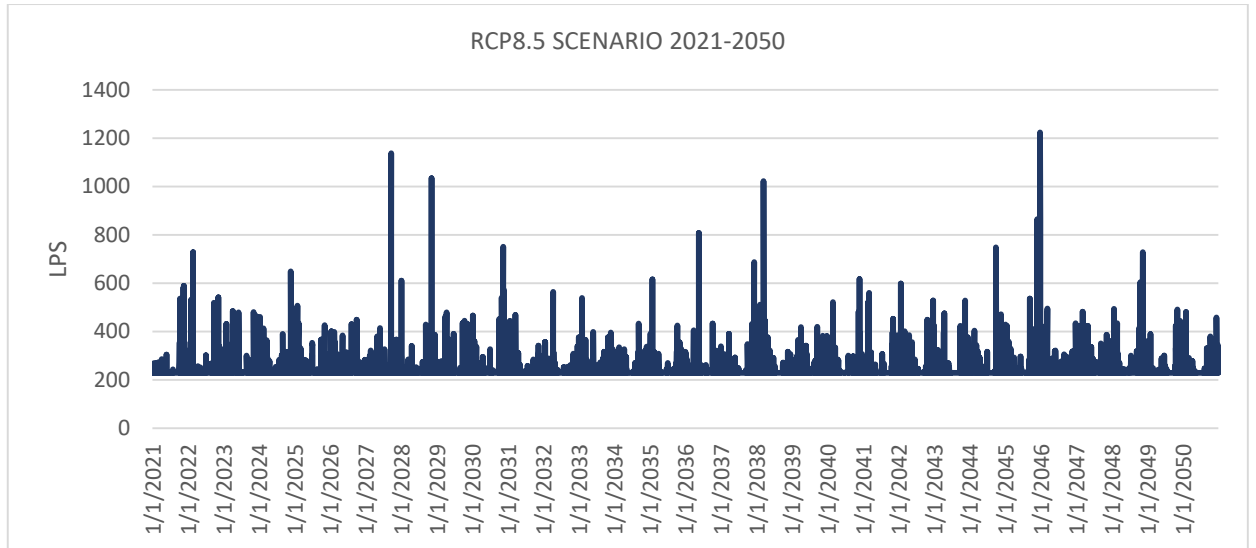


Δ.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5



Δ.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

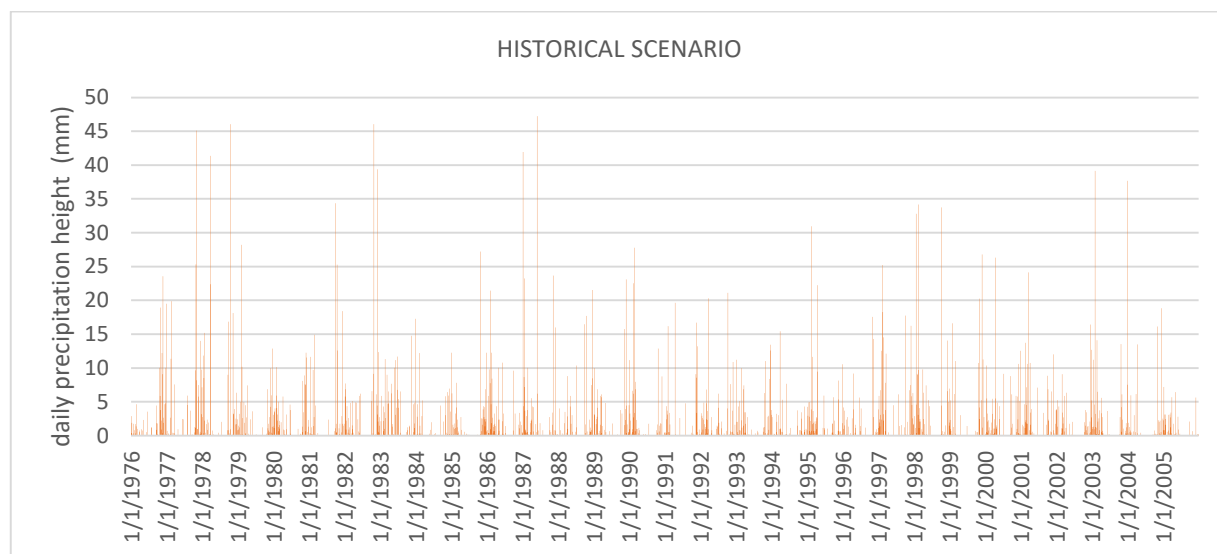




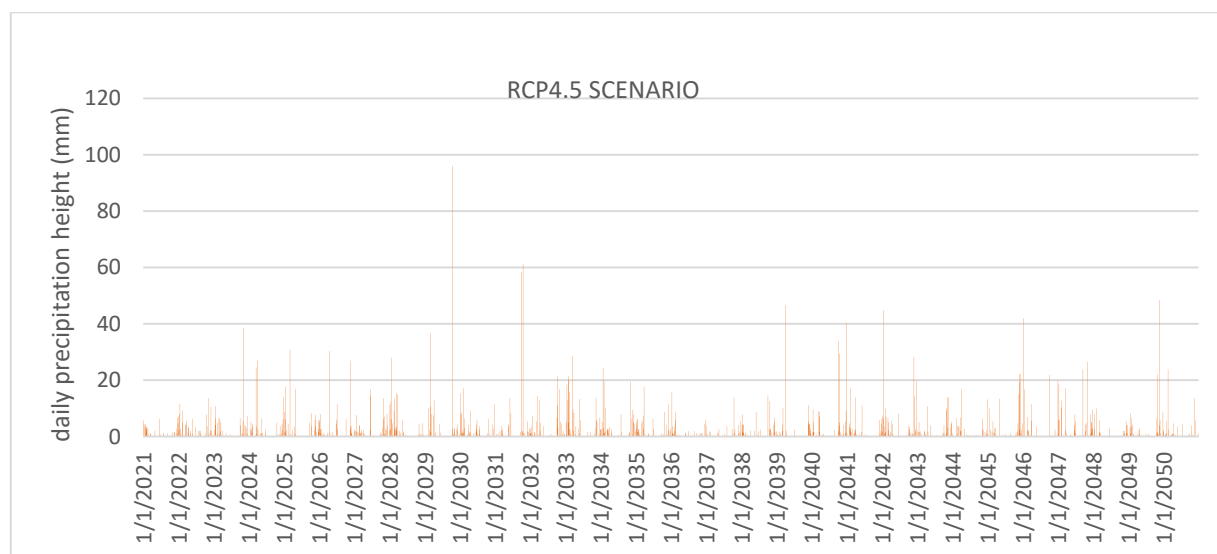
Δ.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

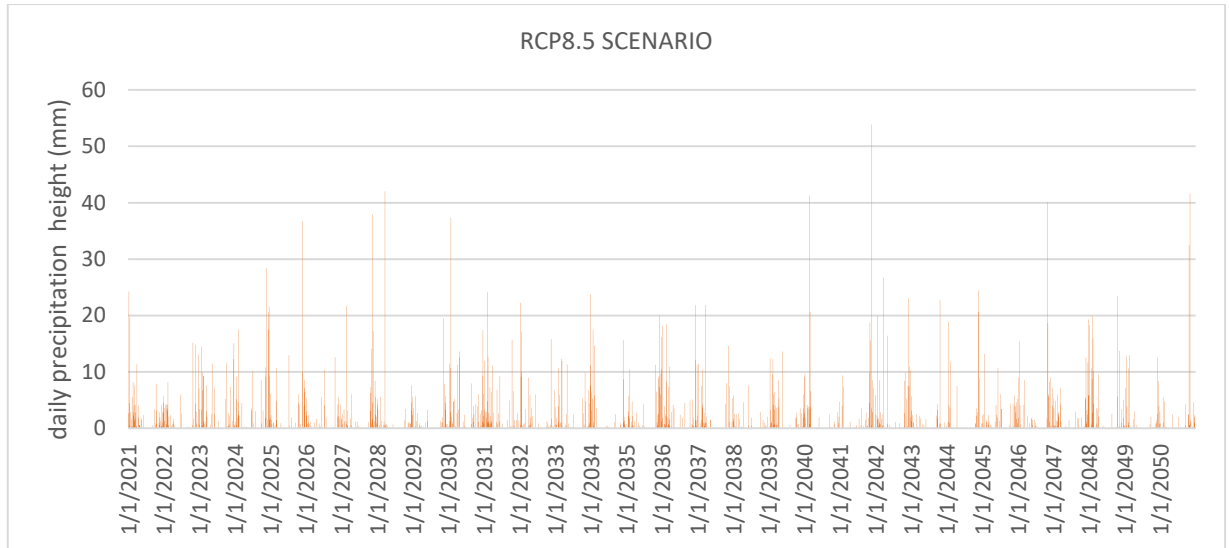
### ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



Ε.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

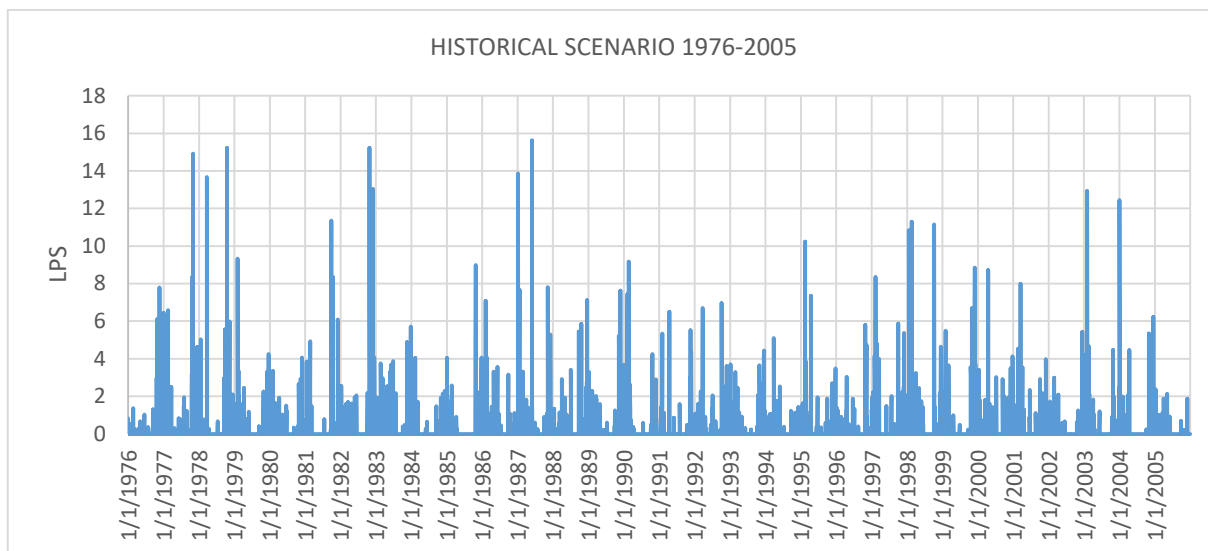


Ε.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

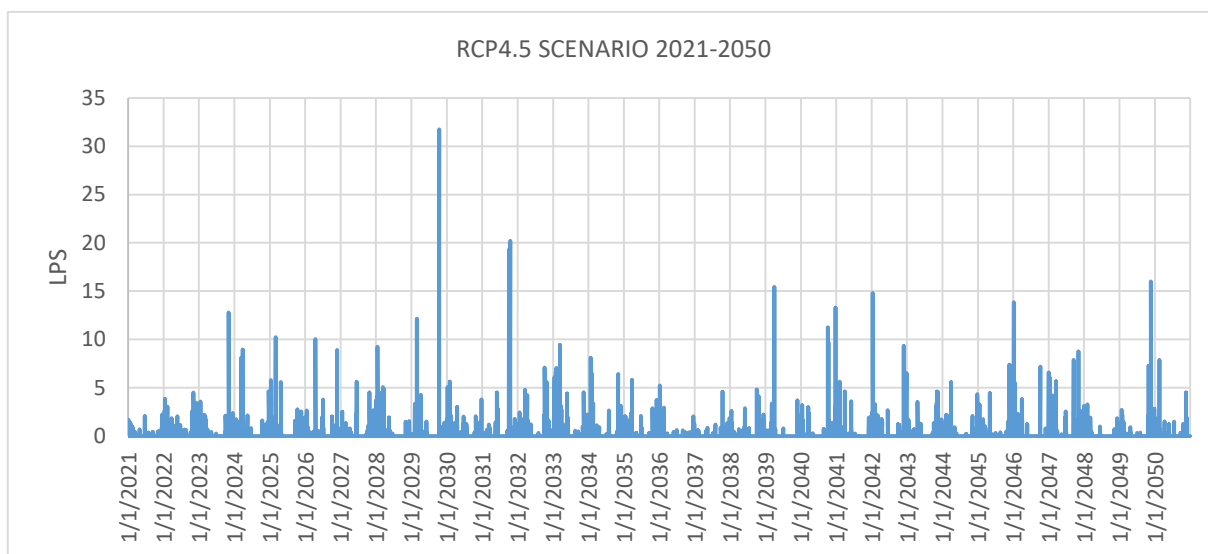


Ε.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

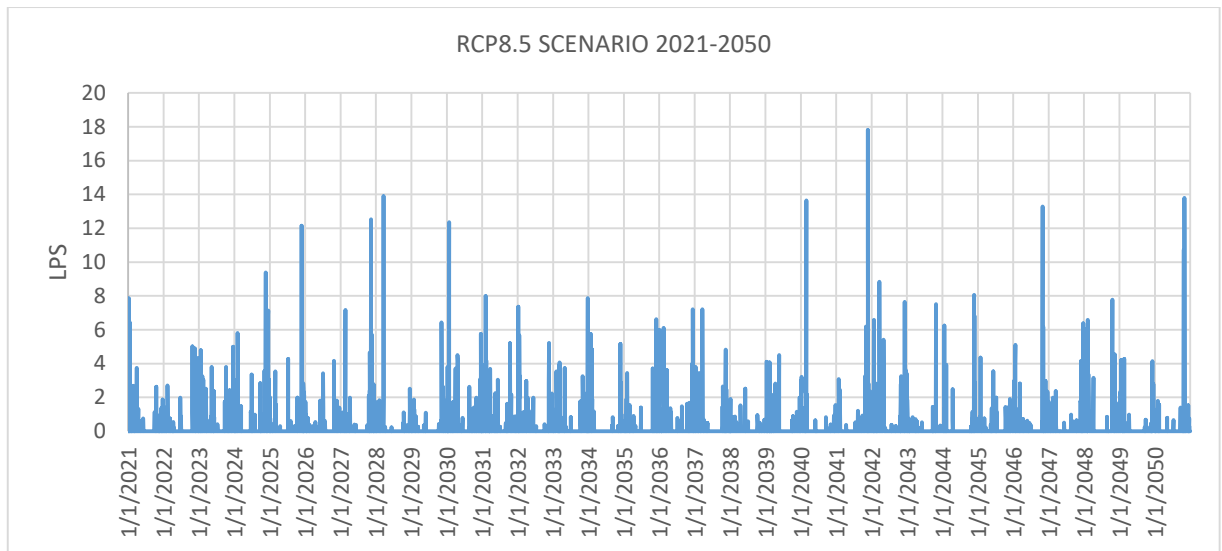
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



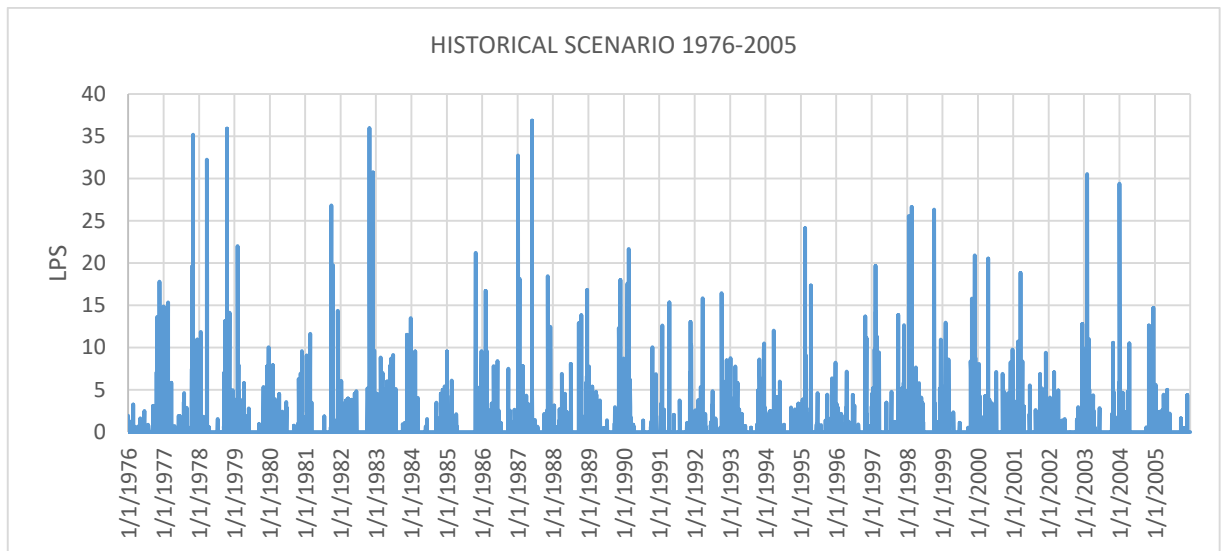
Ε.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



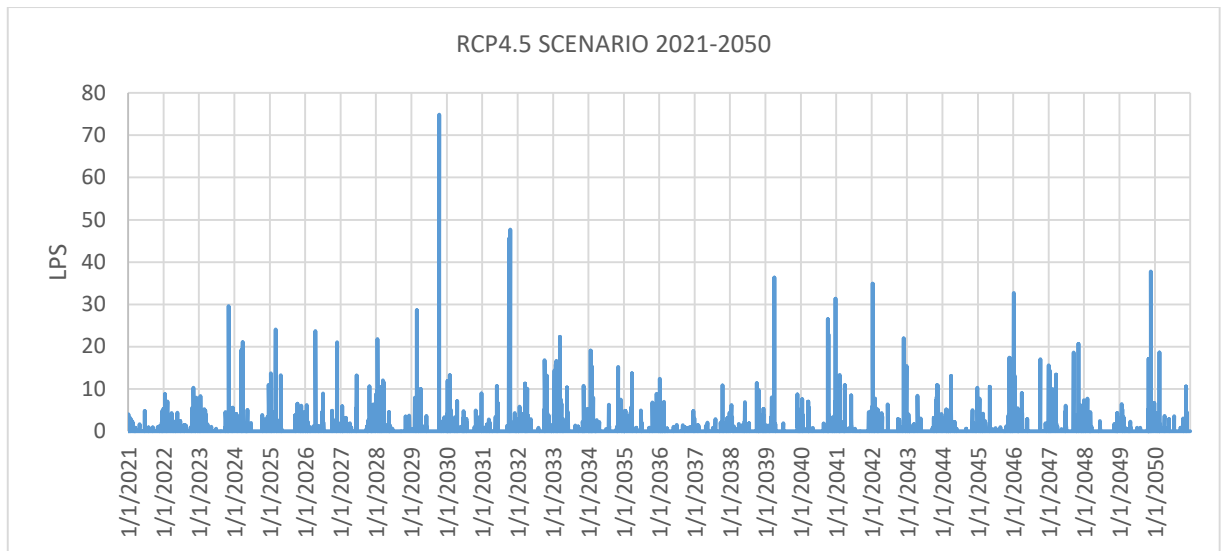
Ε.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



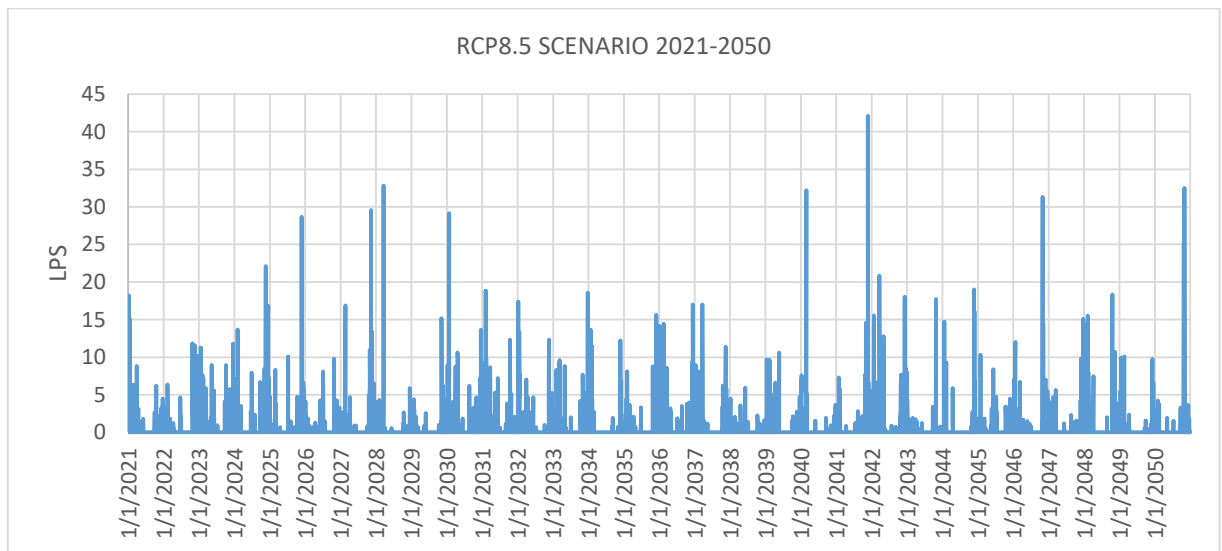
Ε.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



Ε.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

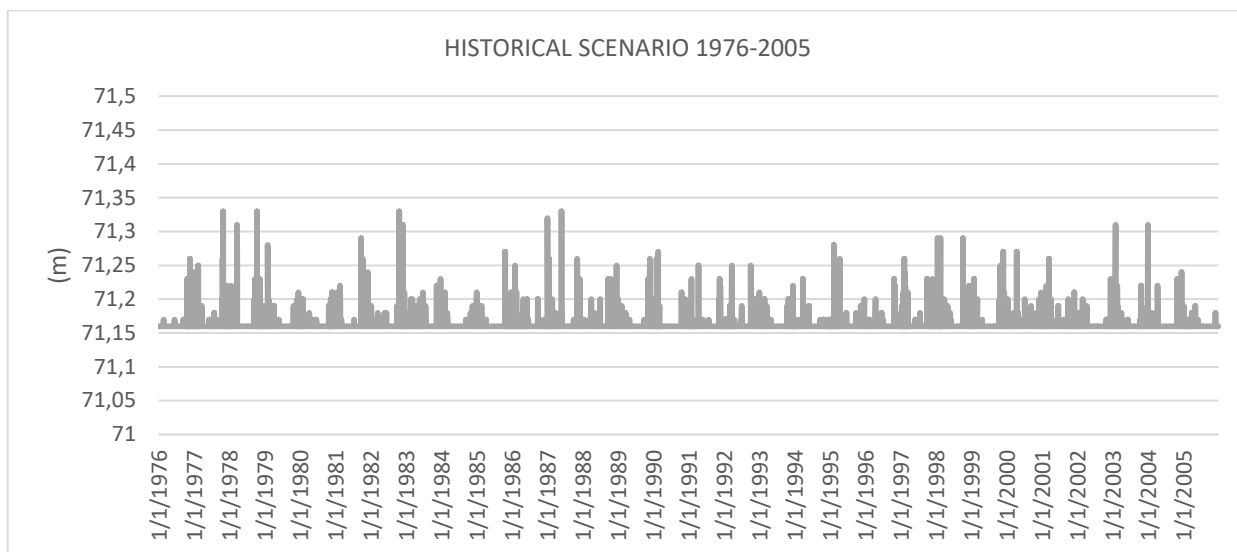


Ε.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

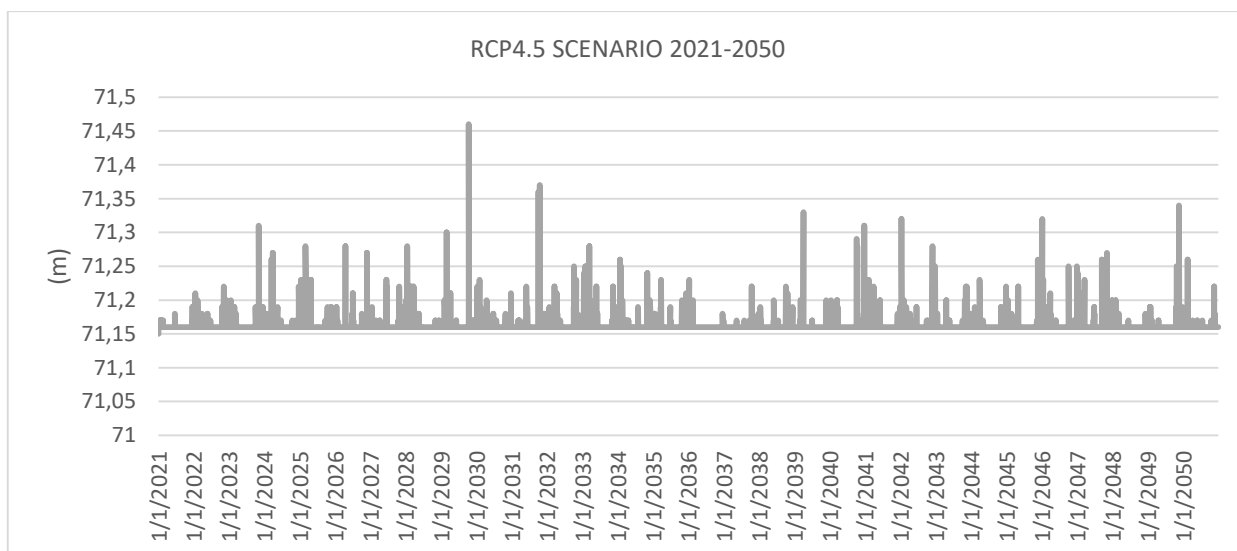


Ε.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

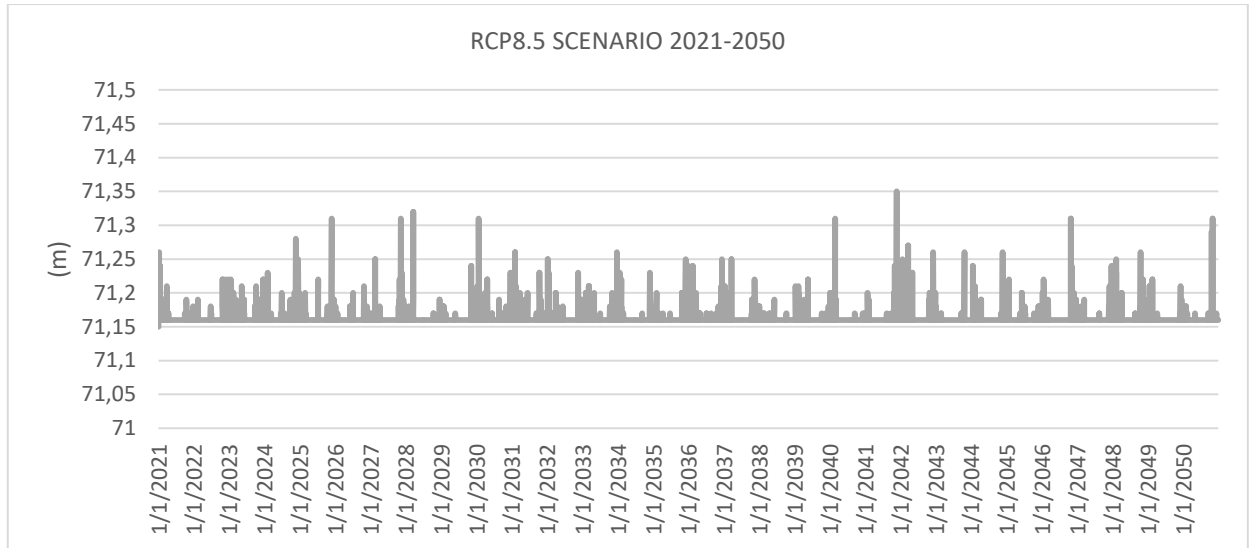
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



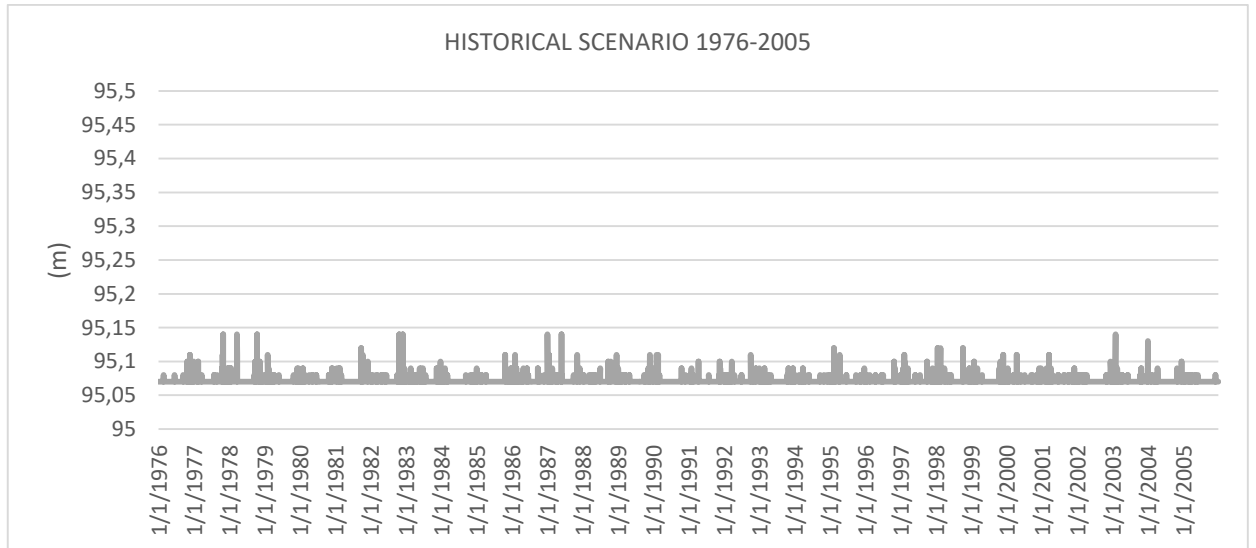
Ε.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



Ε.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

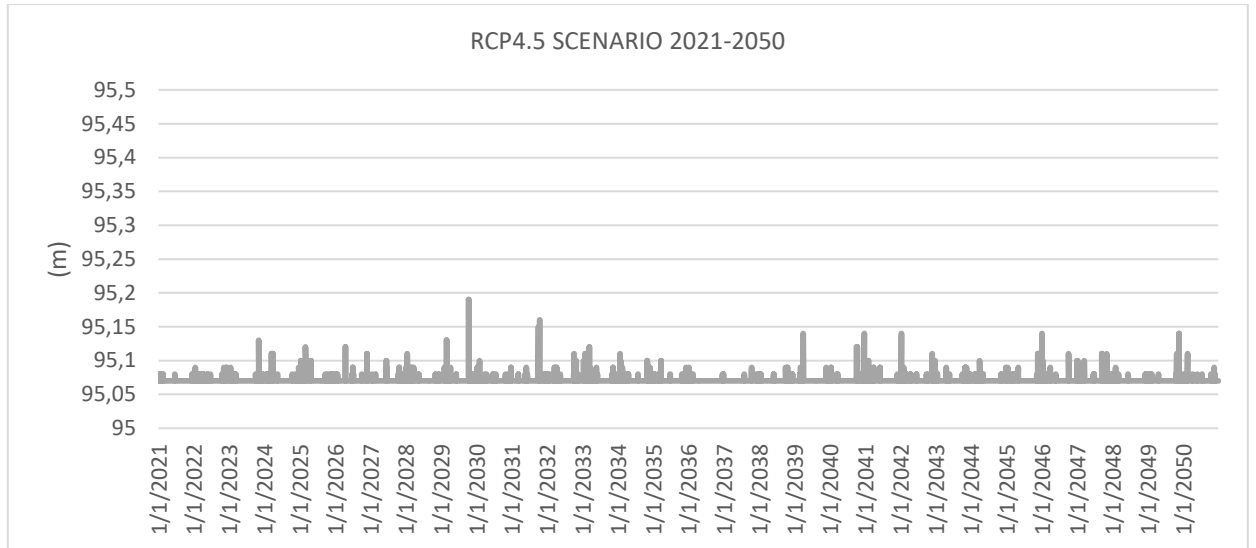


Ε.12 Στάθμη φρεατίου 108 για τοRCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

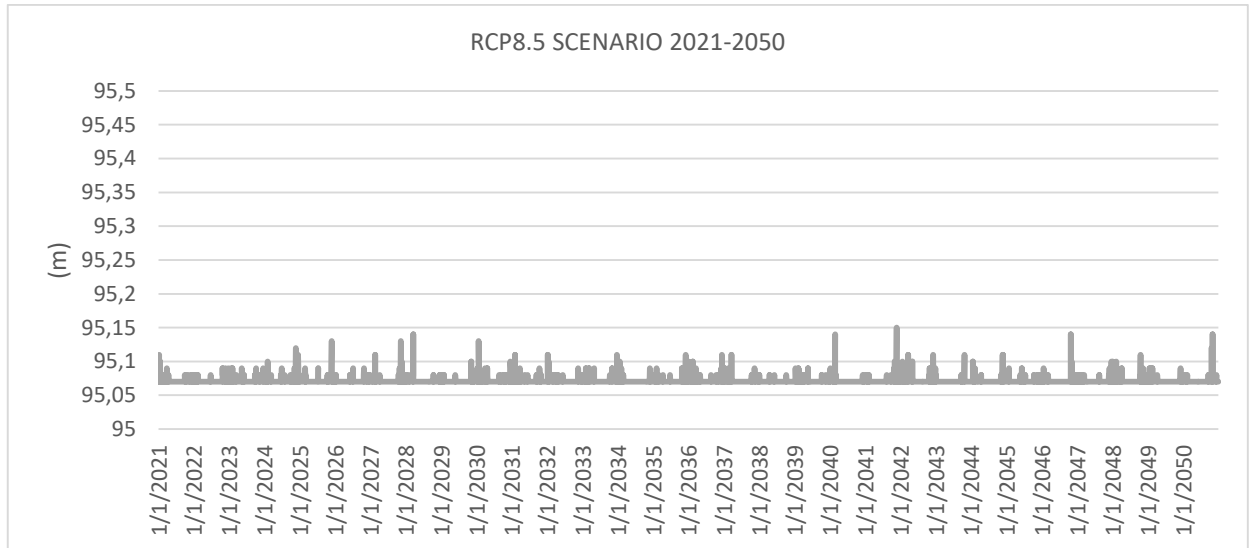


Ε.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

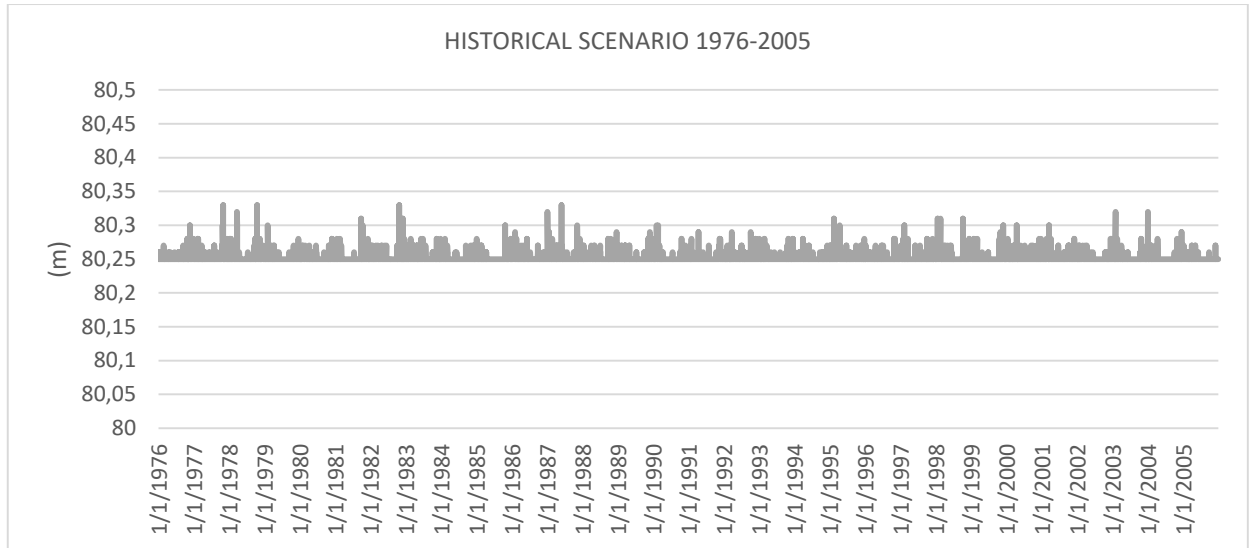




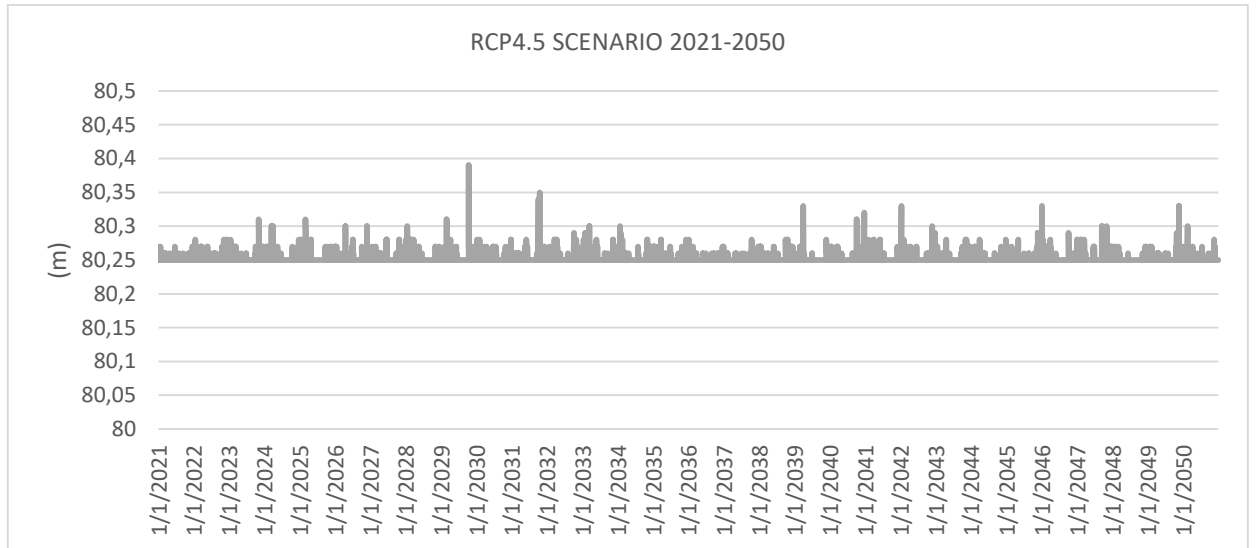
Ε.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



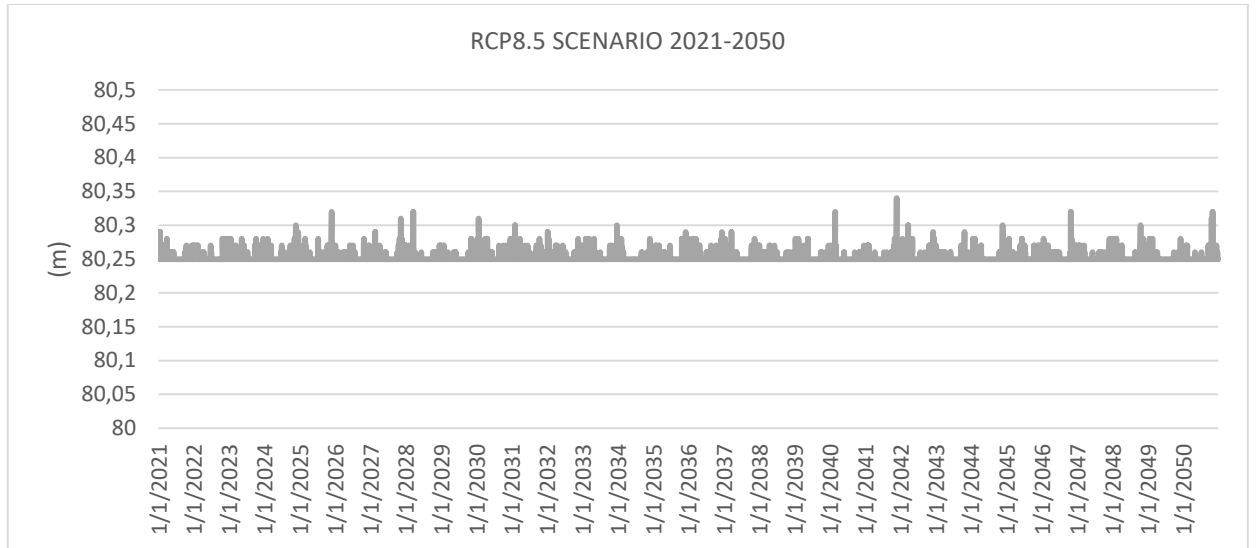
Ε.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



Ε.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

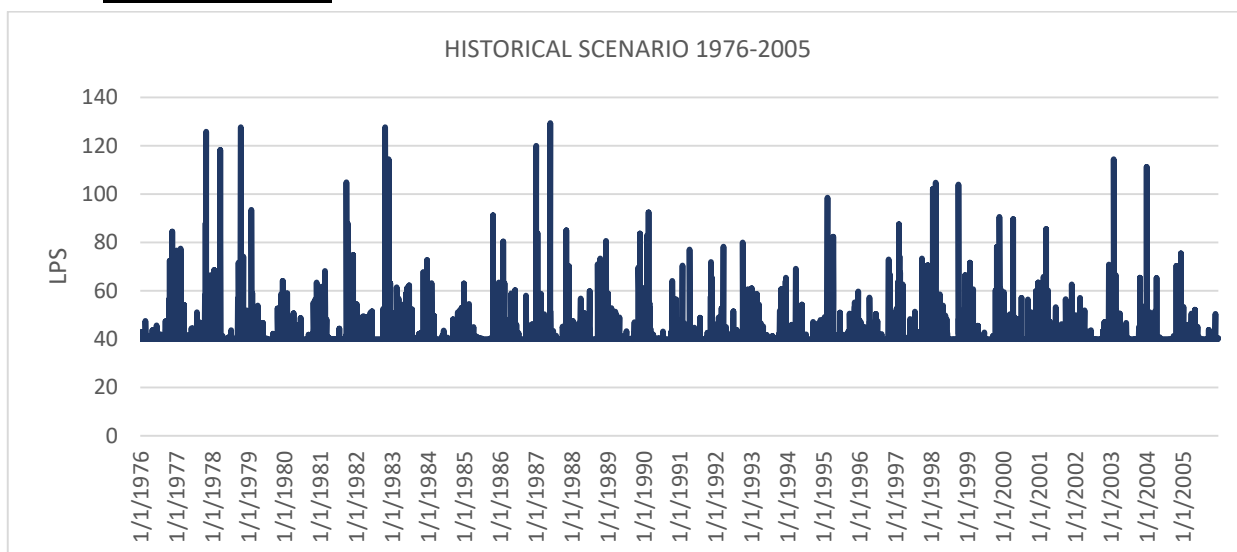


Ε.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

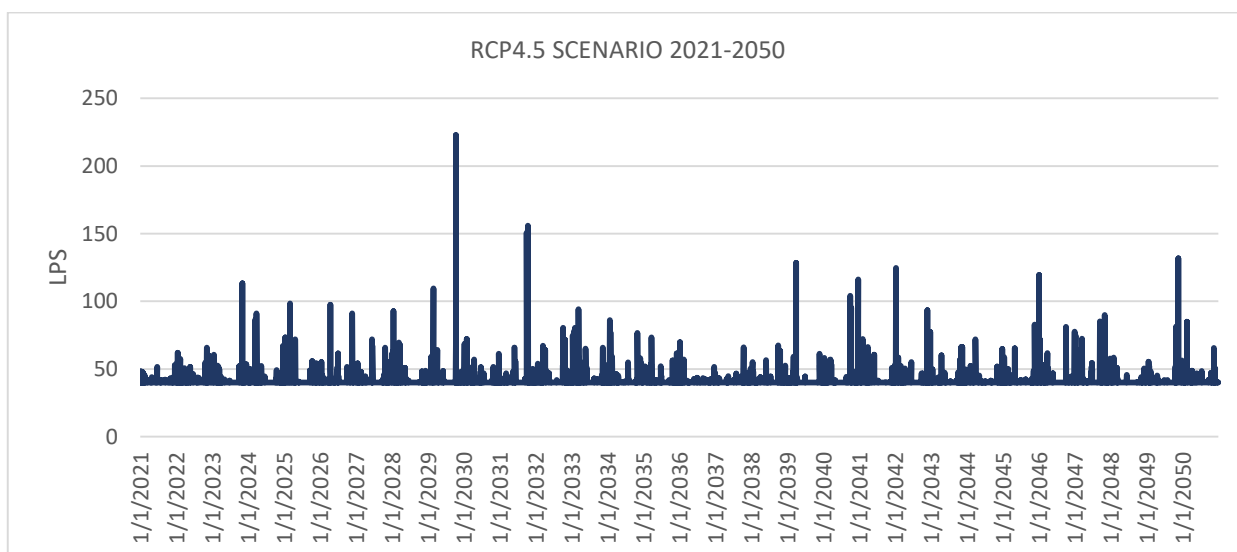


Ε.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR

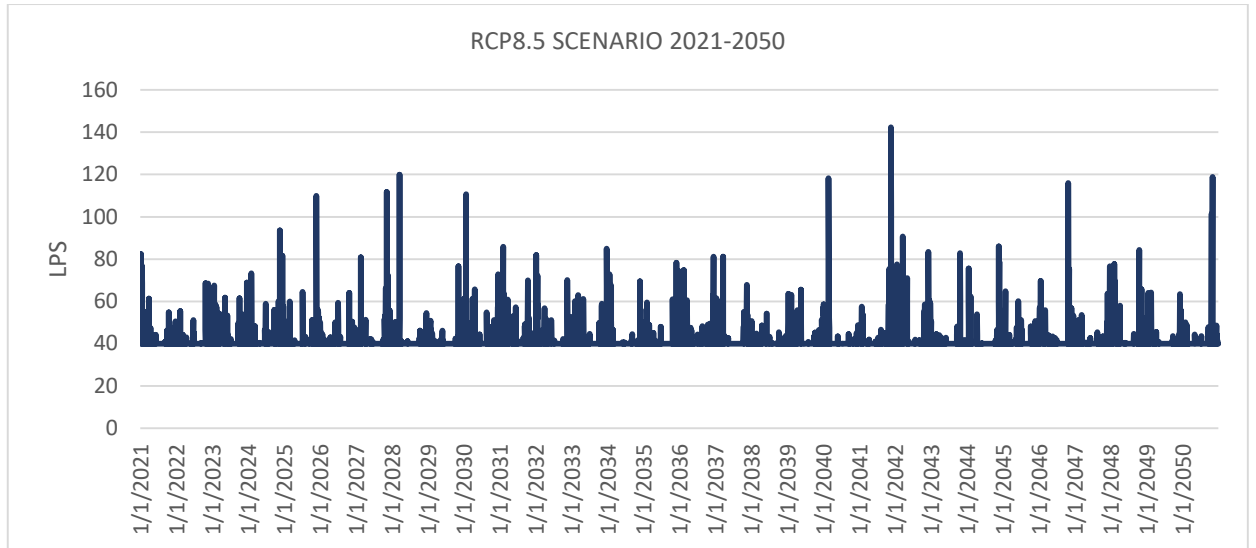
## 1. ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



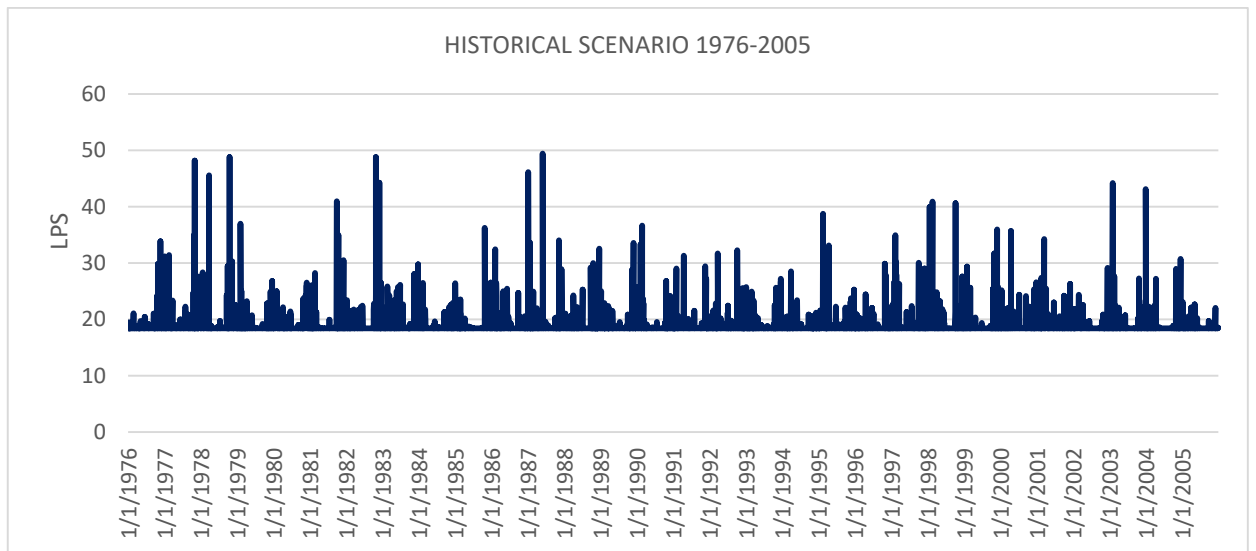
Ε.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



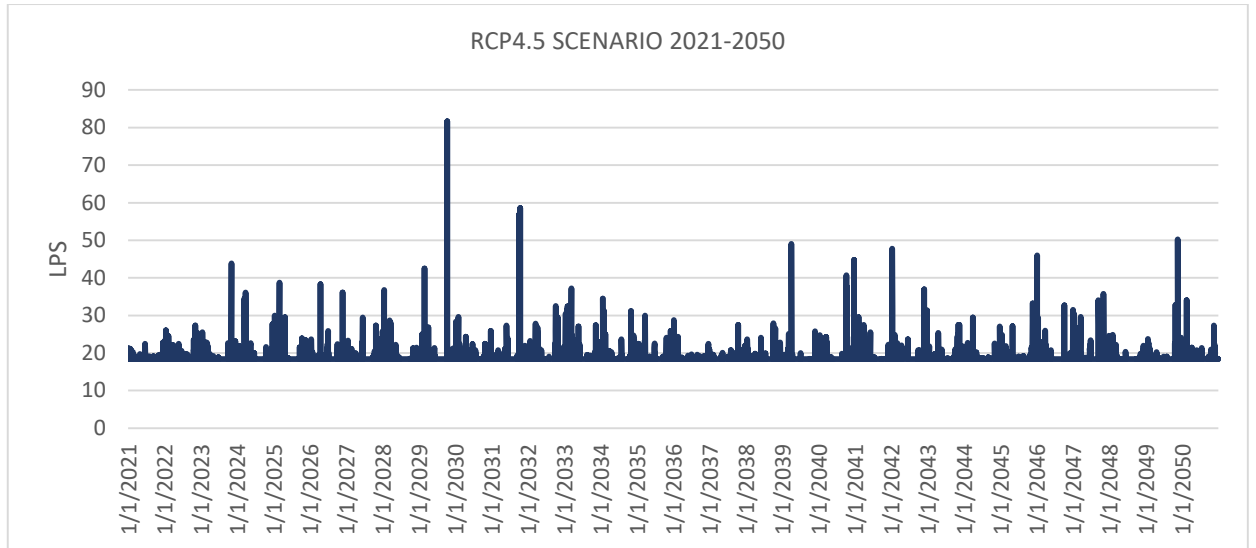
Ε.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



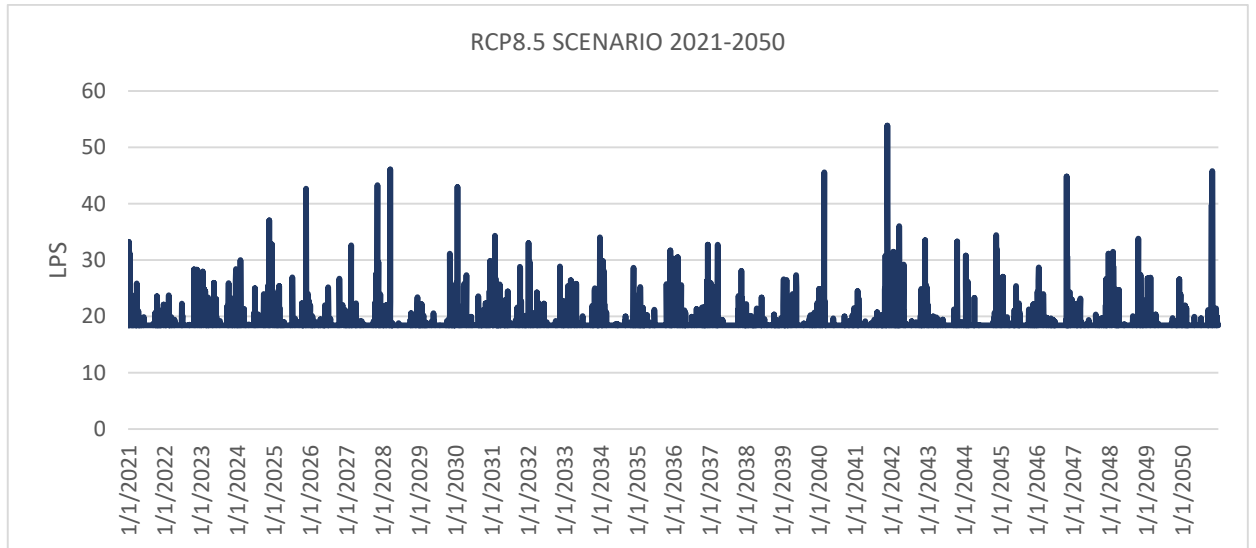
Ε.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



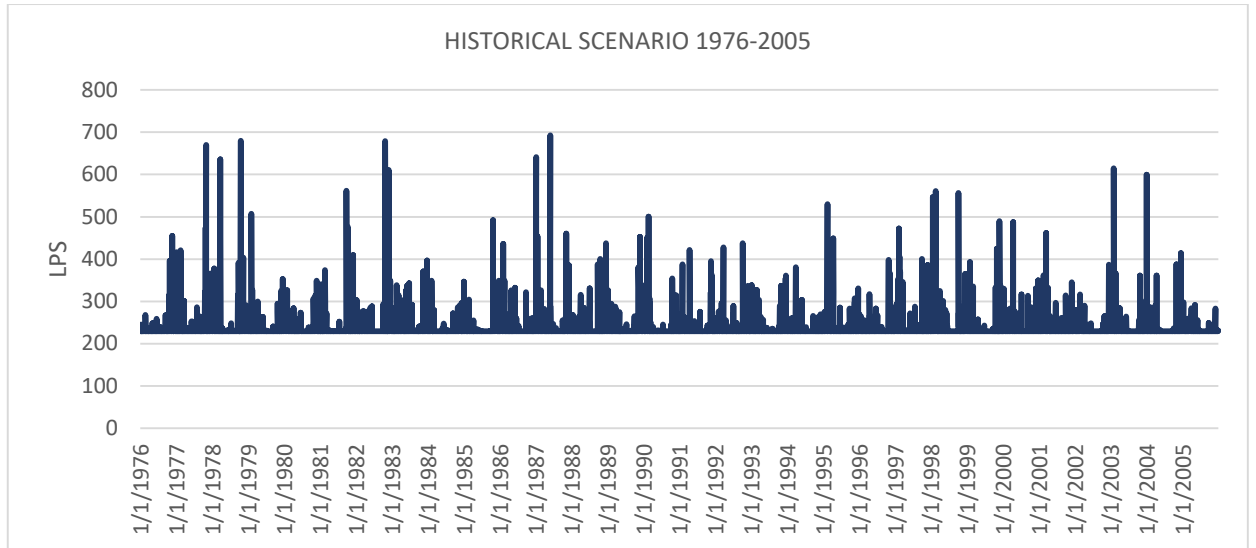
Ε.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



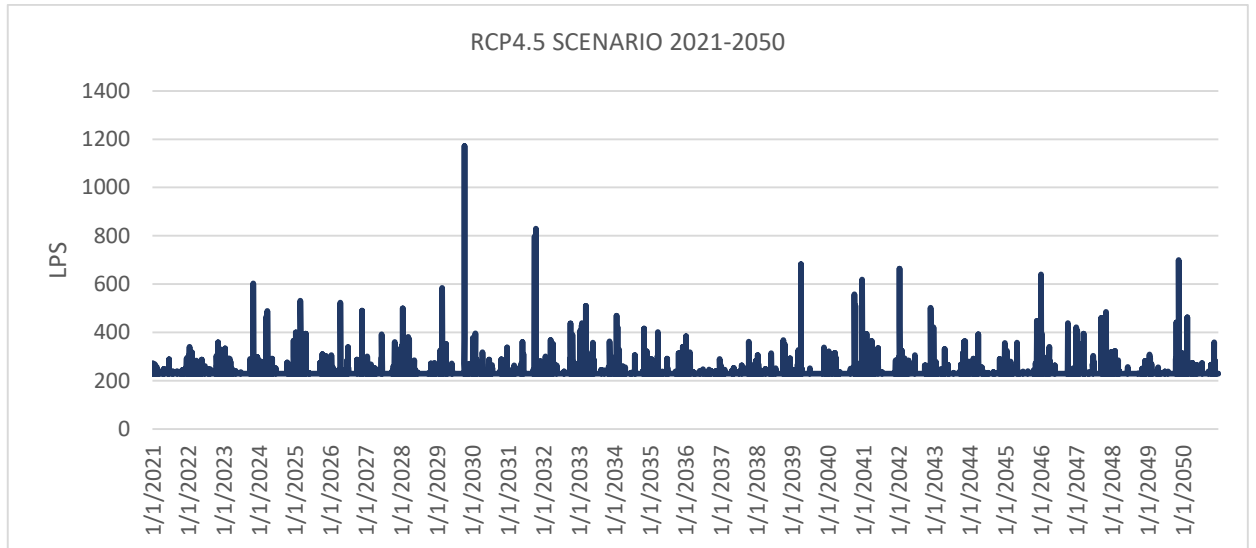
Ε.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



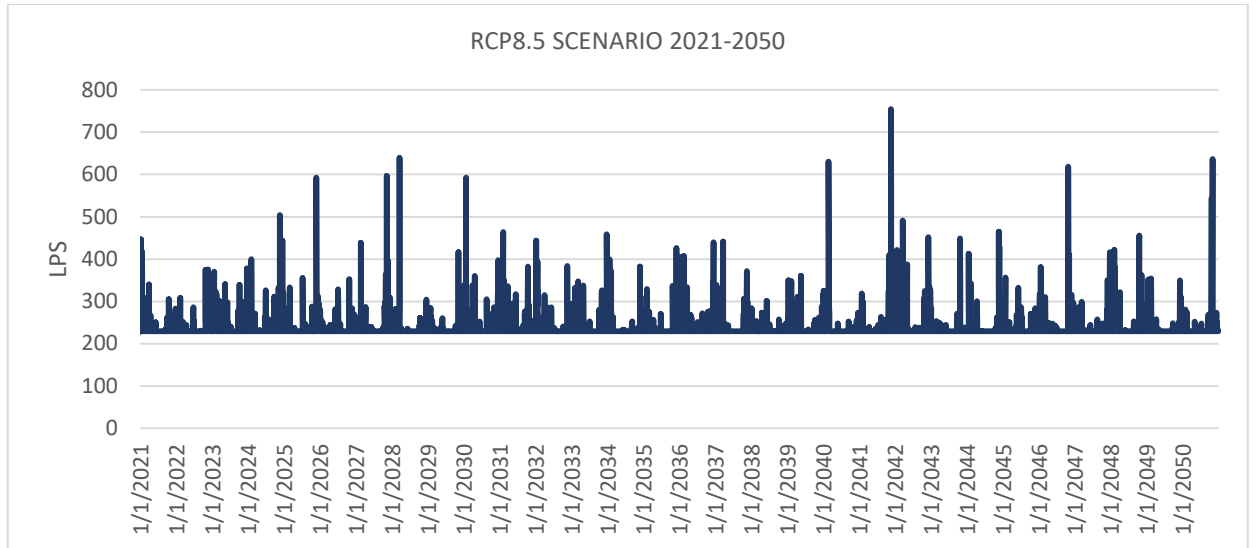
Ε.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



Ε.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



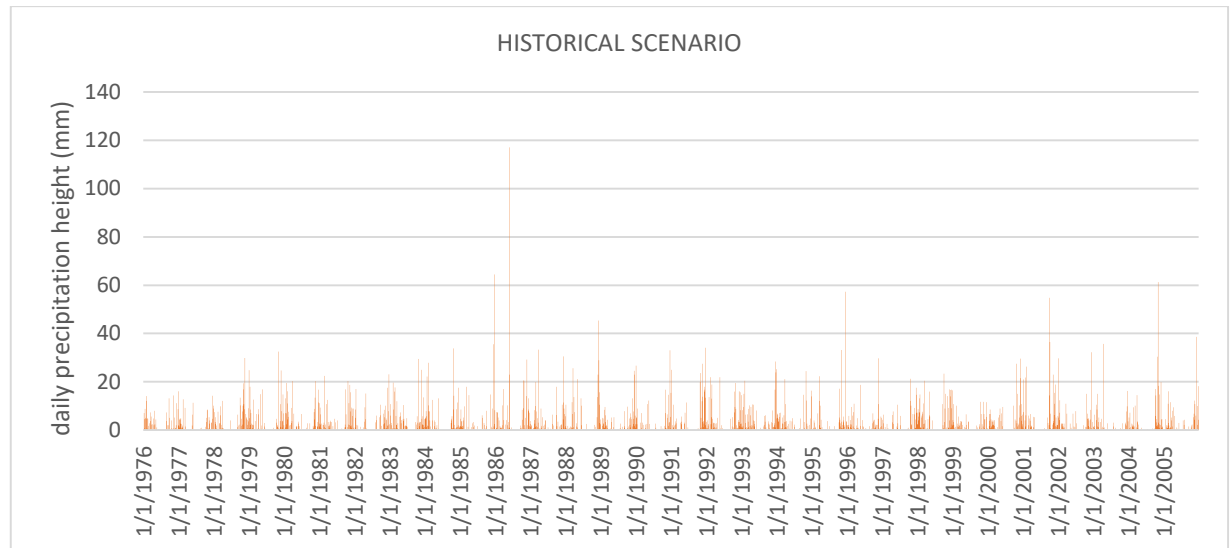
Ε.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



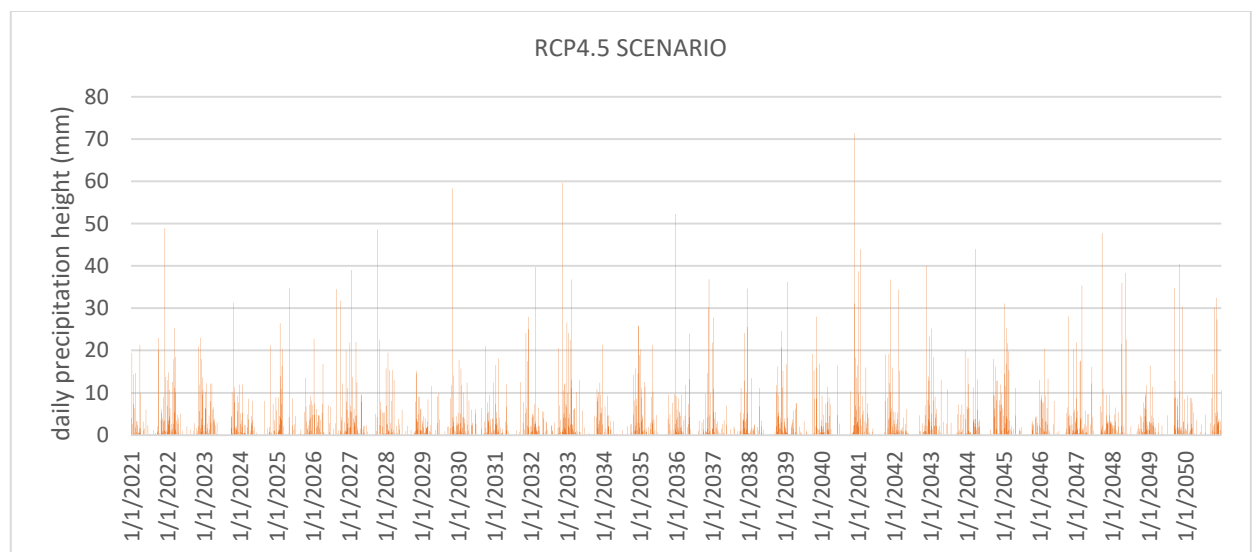
Ε.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - IPSL-IPSL-CM5A-MR



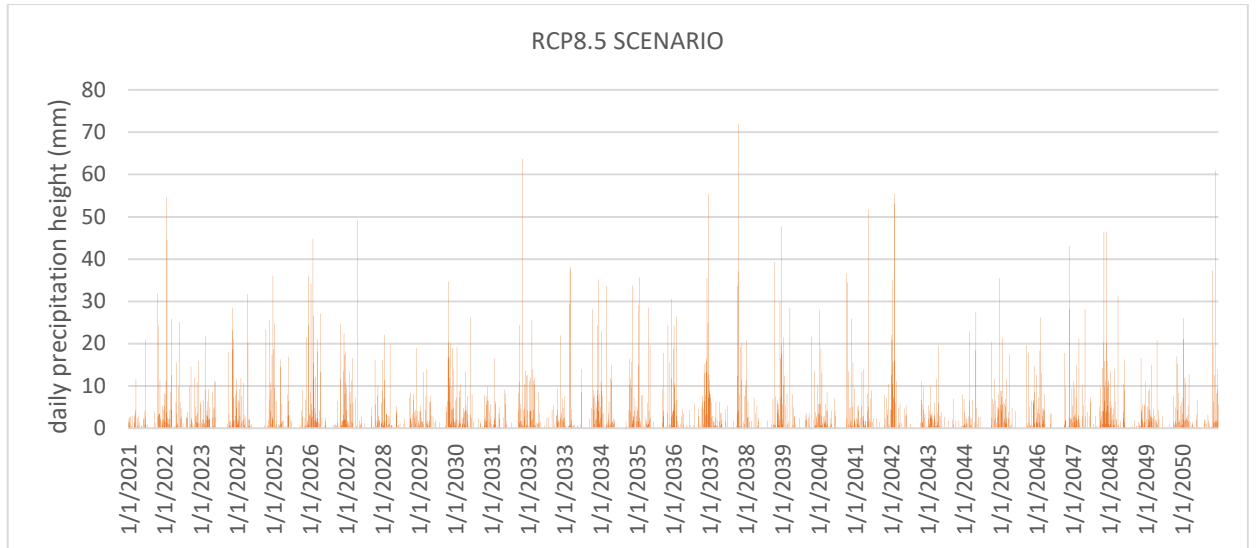
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



ΣΤ.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

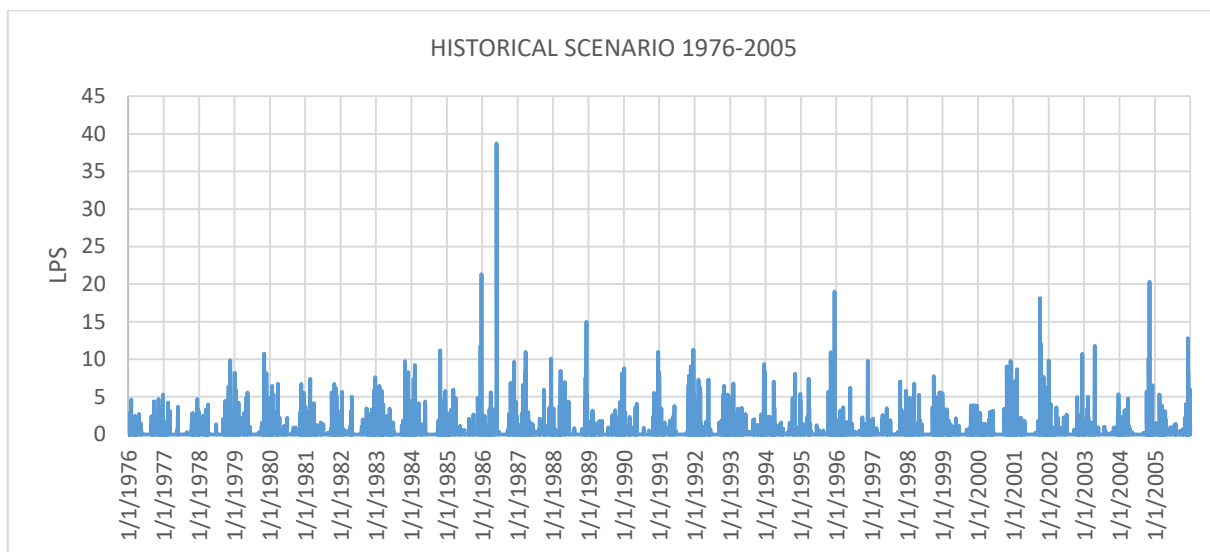


ΣΤ.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

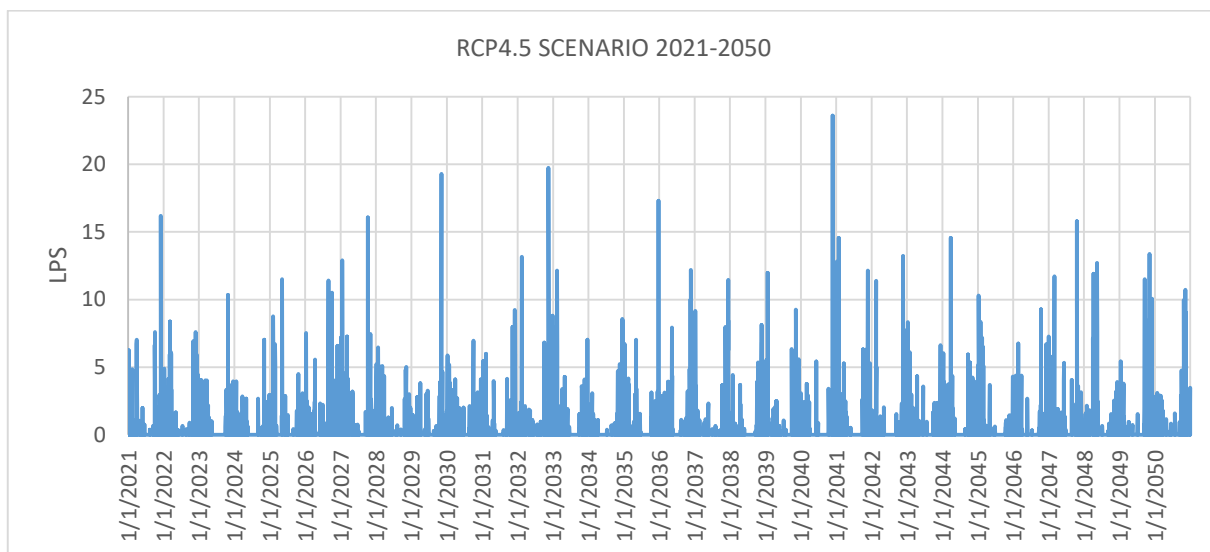


ΣΤ.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

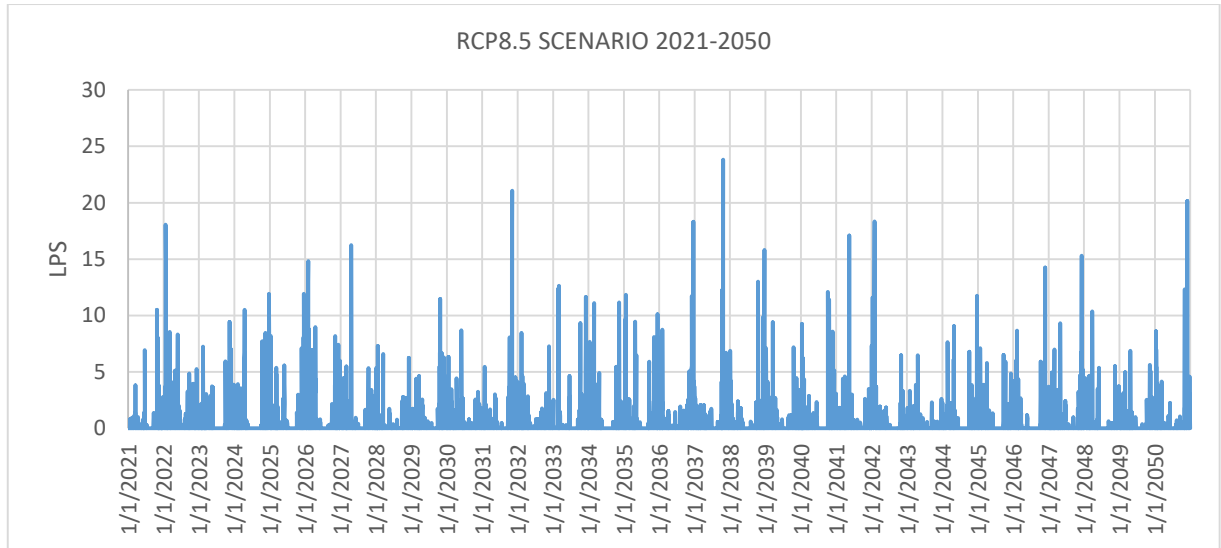
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



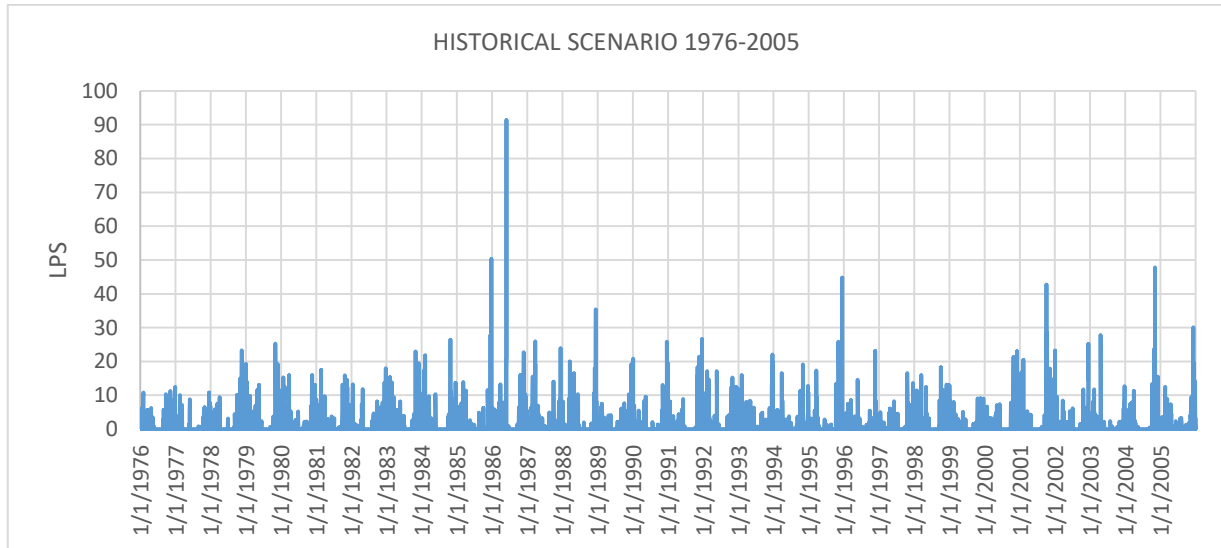
ΣΤ.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



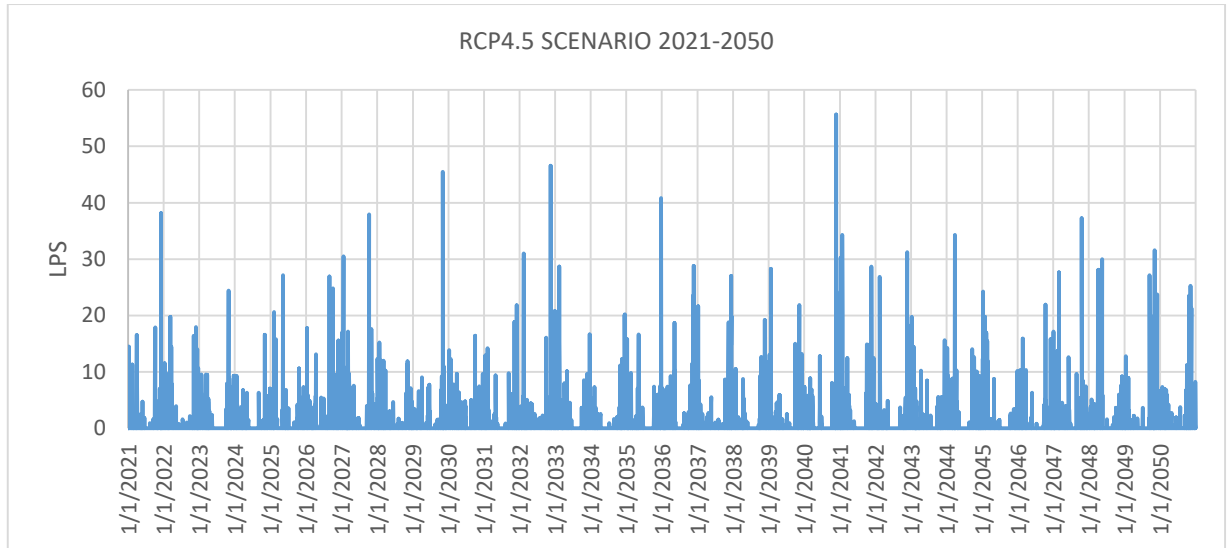
ΣΤ.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



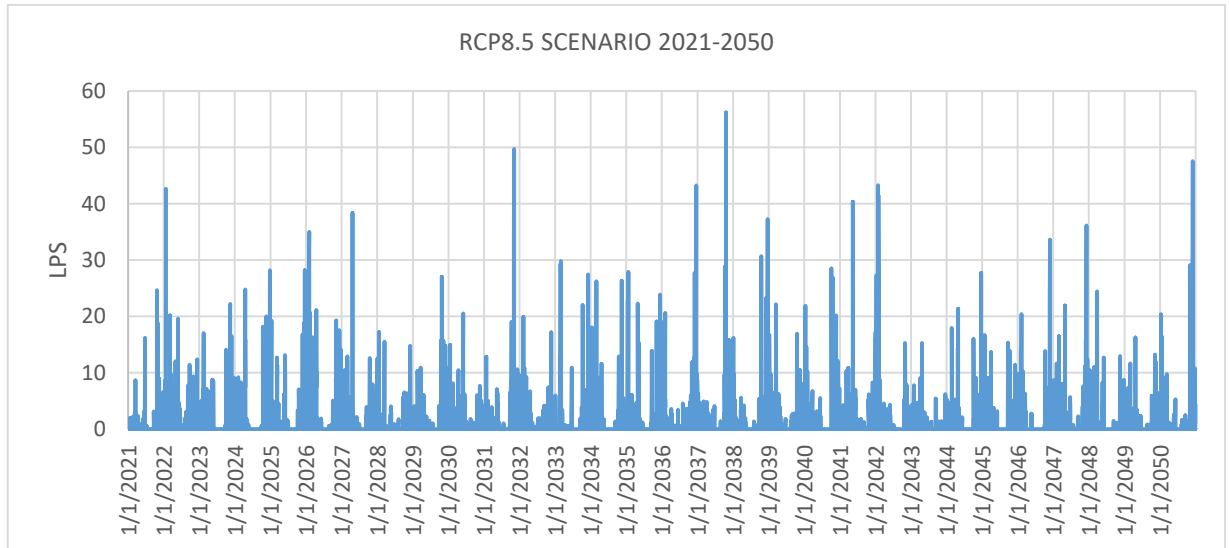
ΣΤ.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



ΣΤ.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

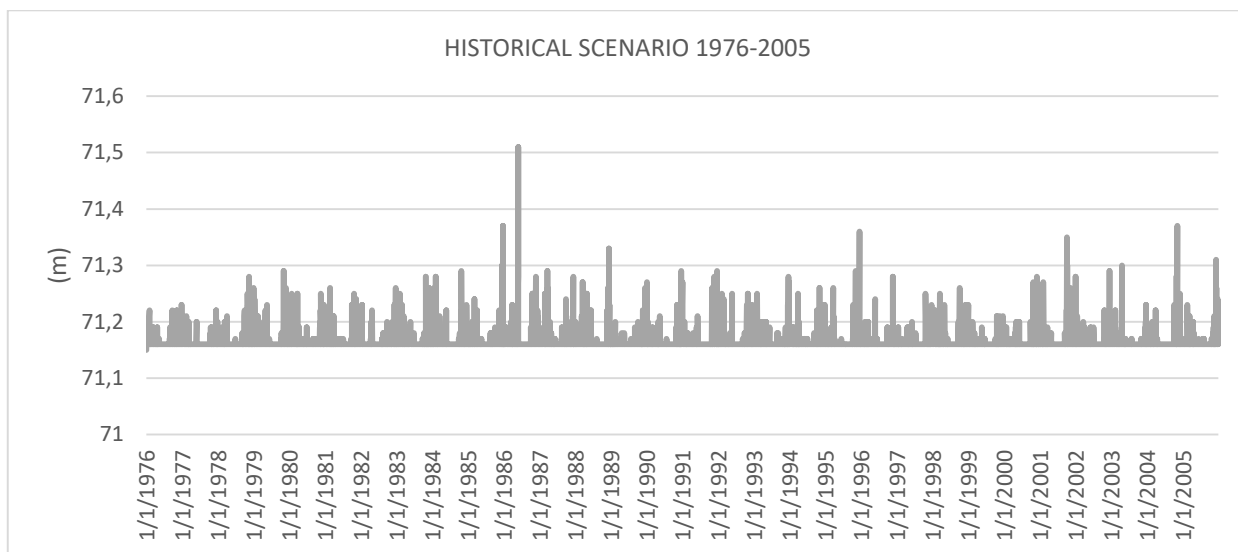


ΣΤ.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

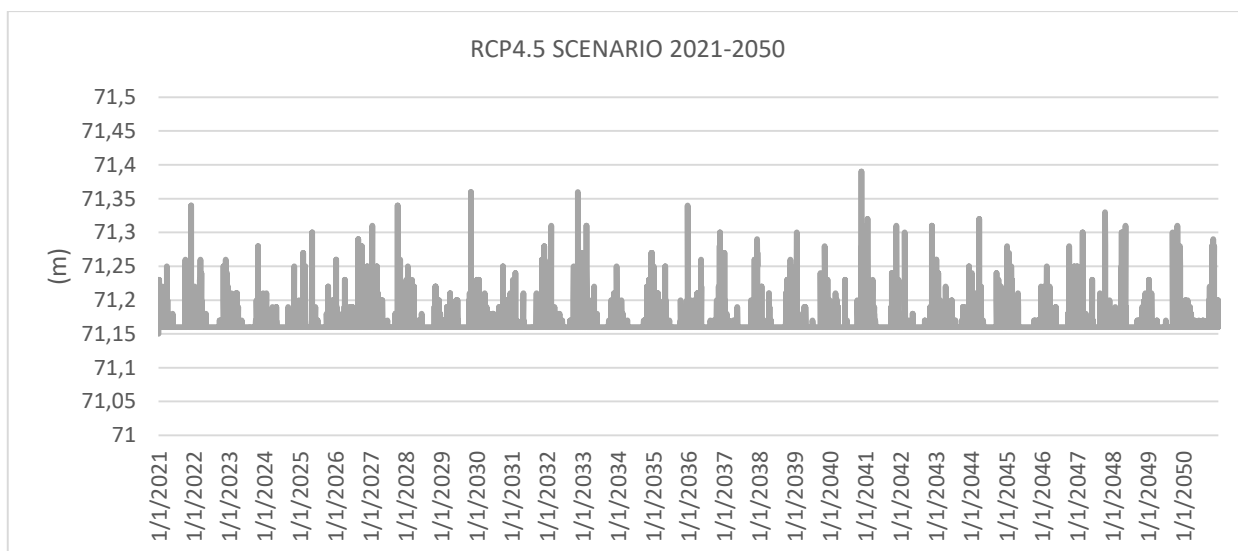


ΣΤ.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

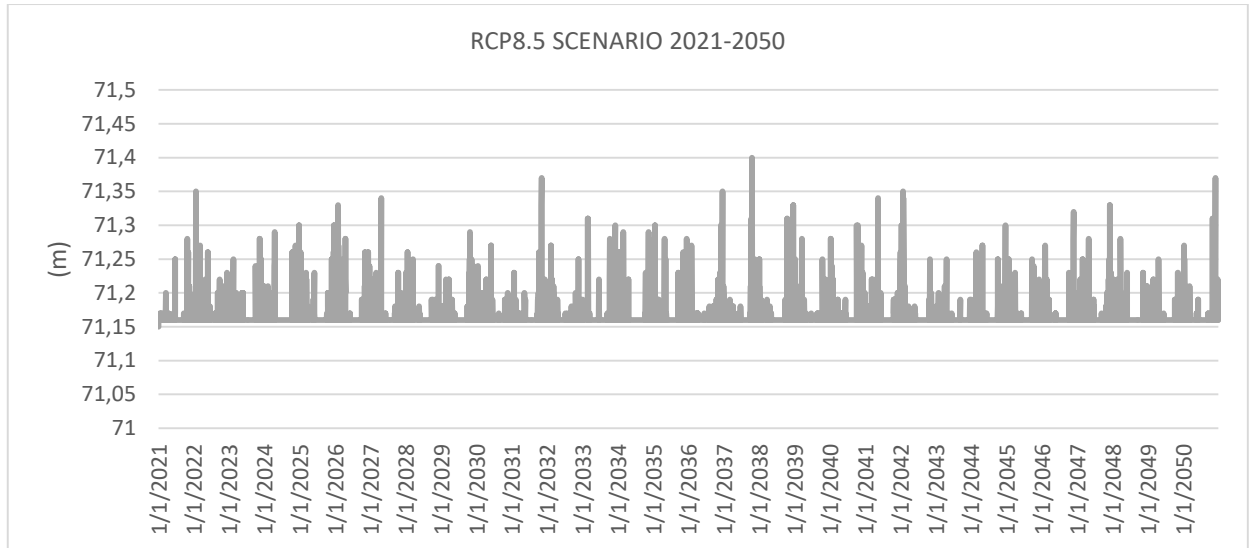
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



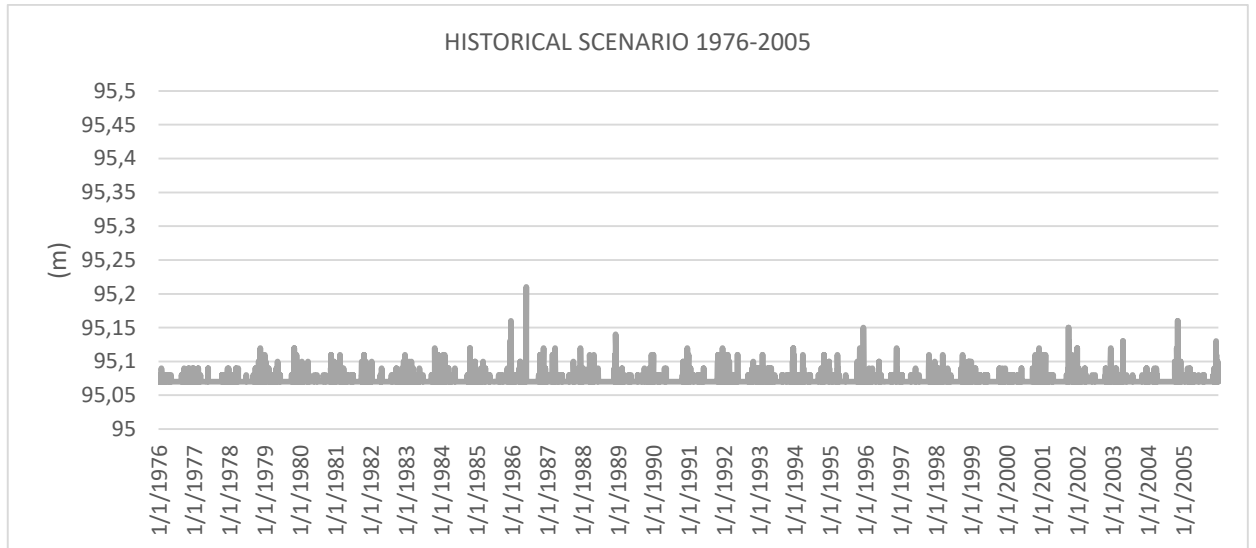
ΣΤ.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



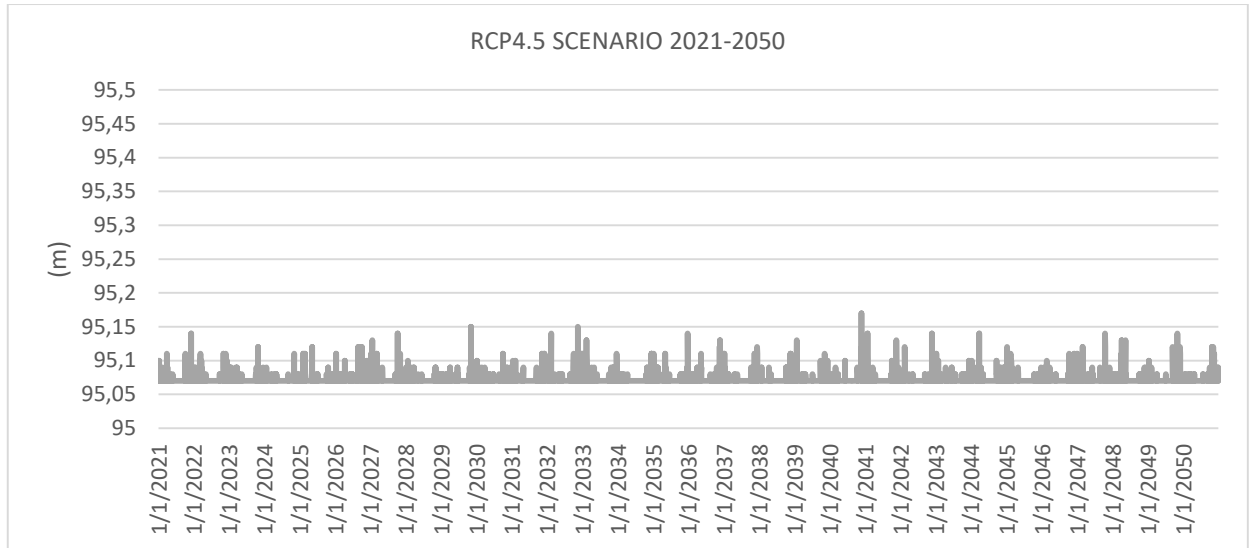
ΣΤ.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



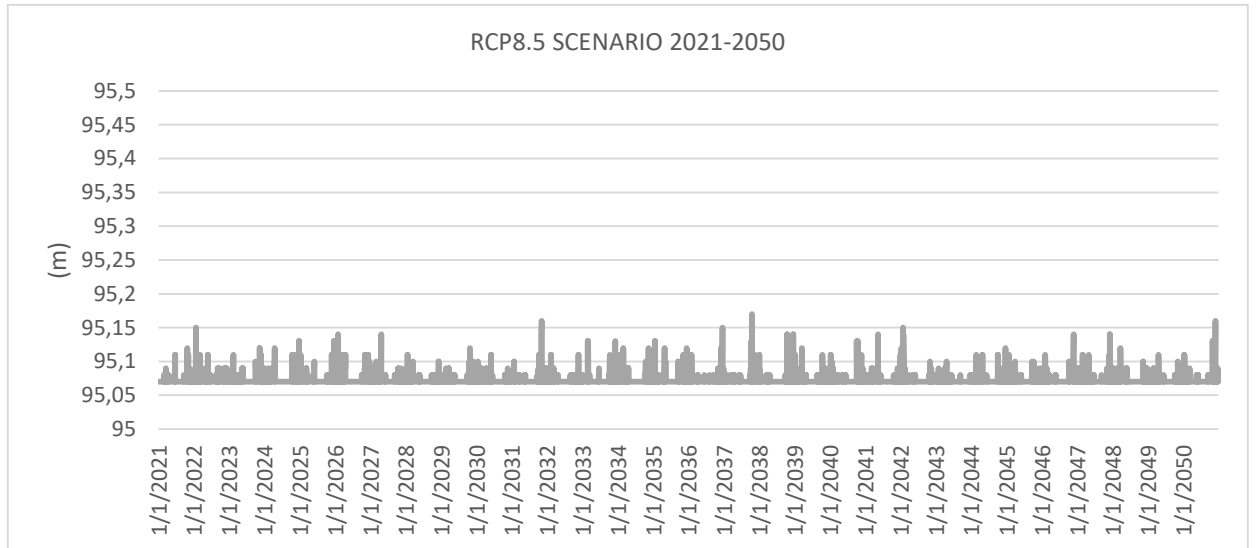
ΣΤ.12 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



ΣΤ.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

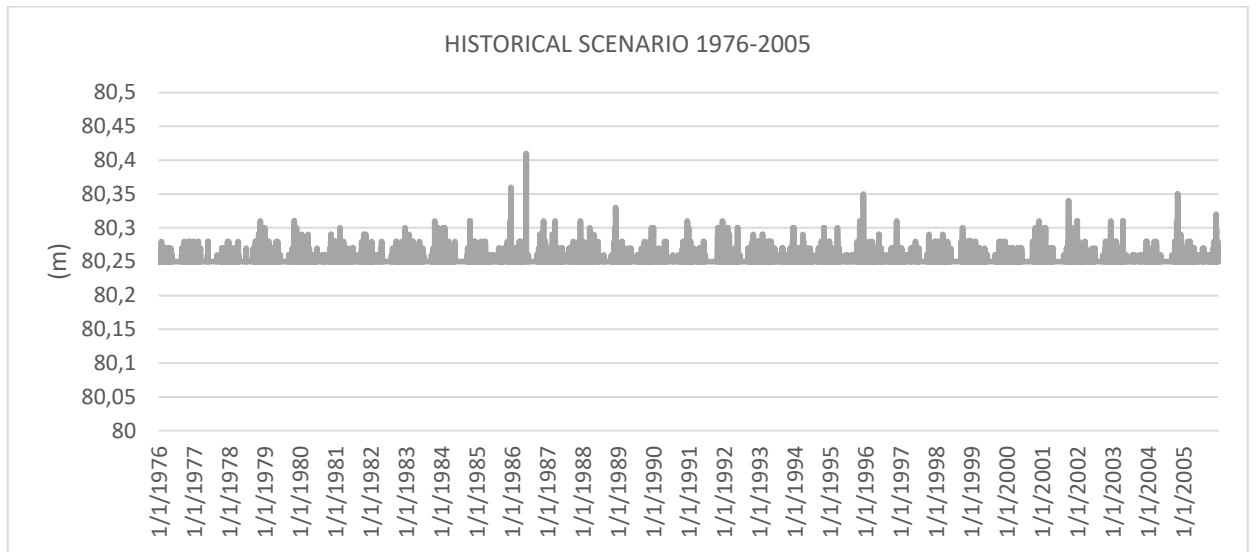


ΣΤ.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

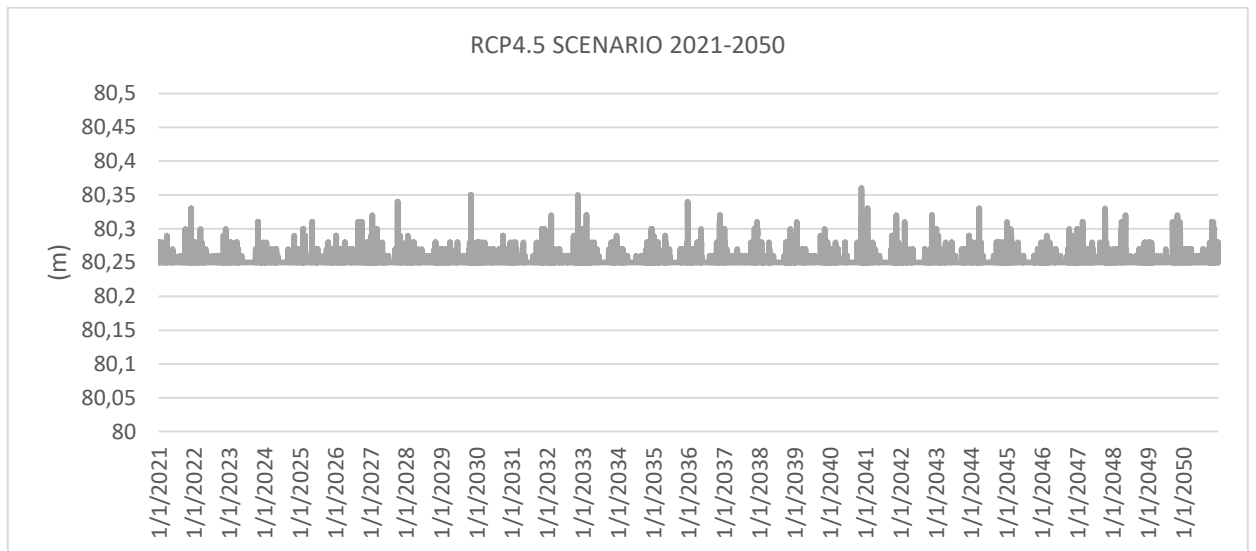


ΣΤ.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

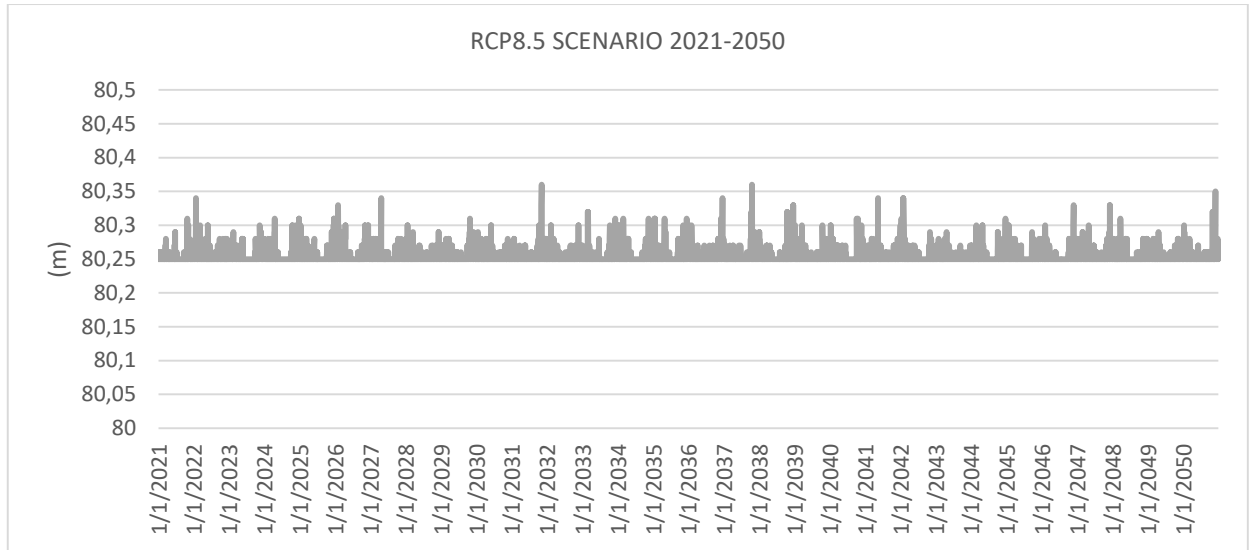




ΣΤ.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

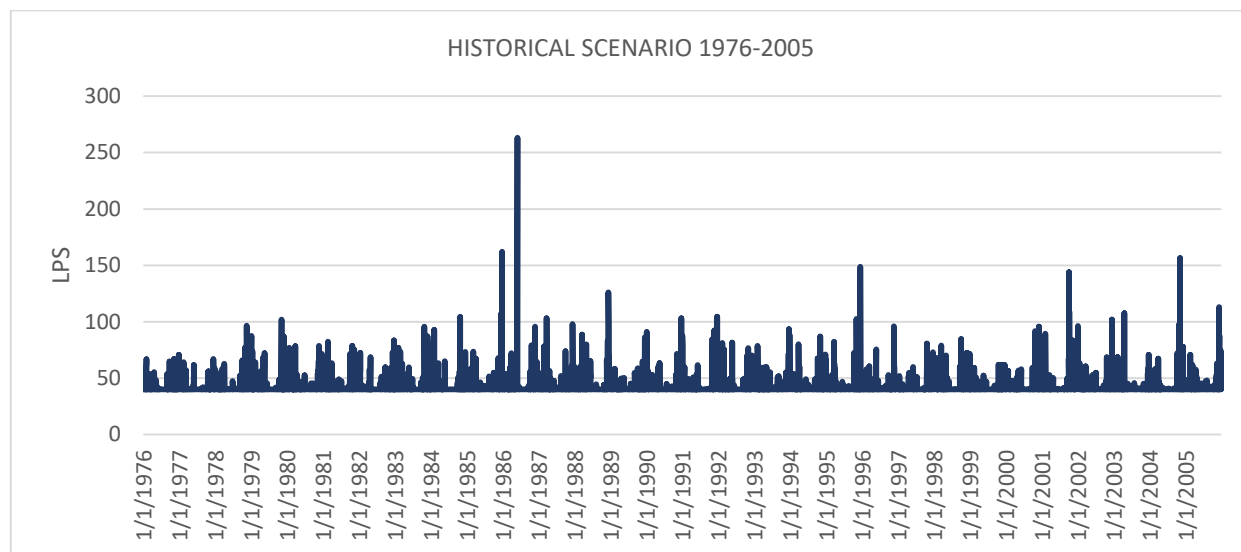


ΣΤ.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

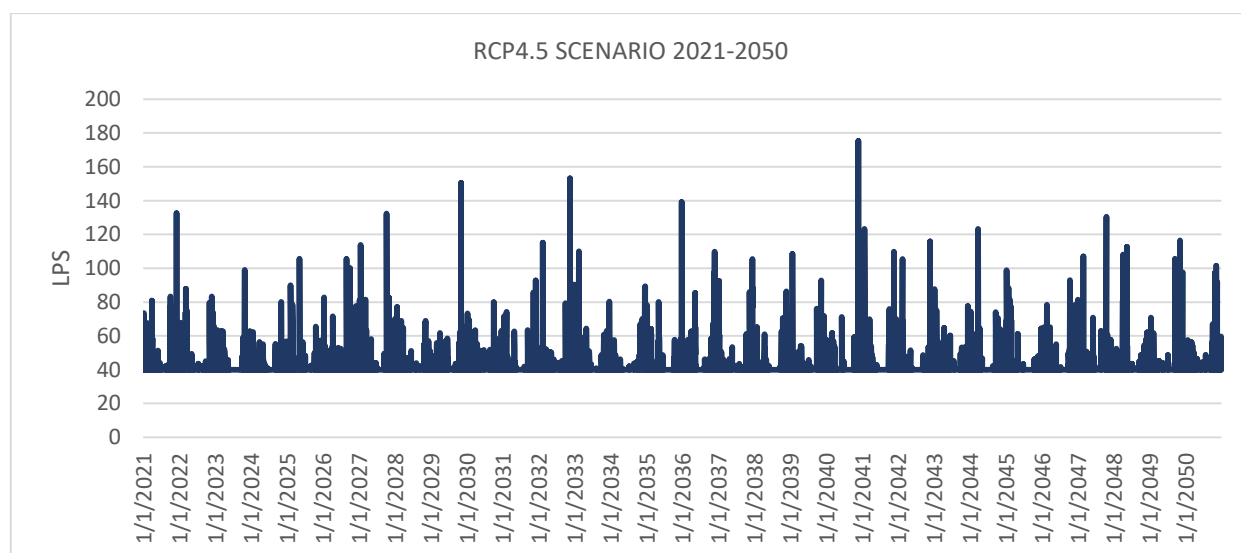


ΣΤ.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

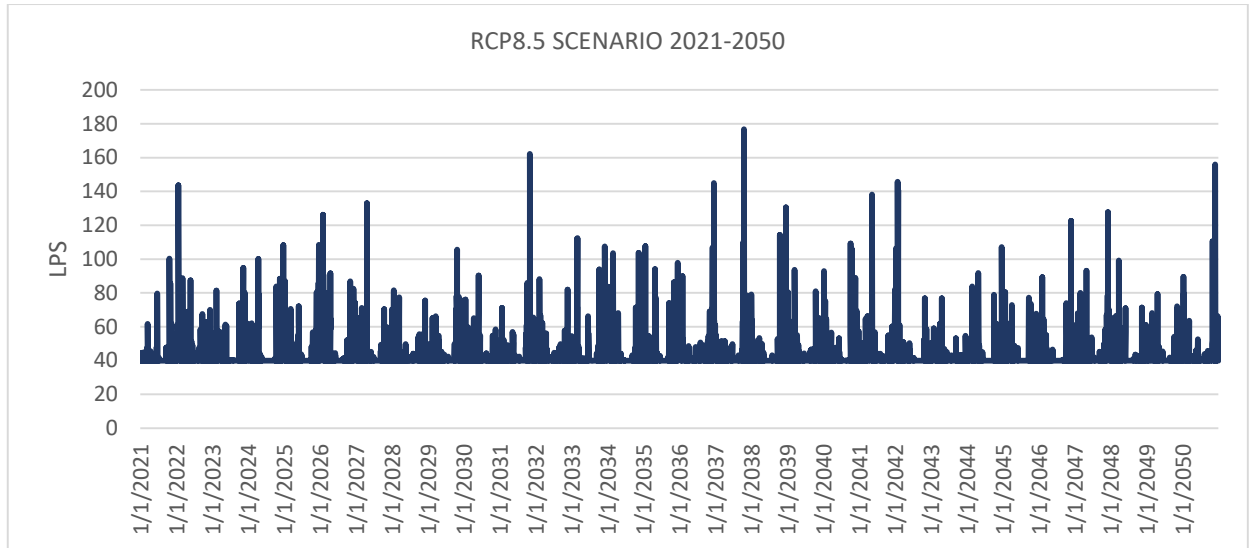
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



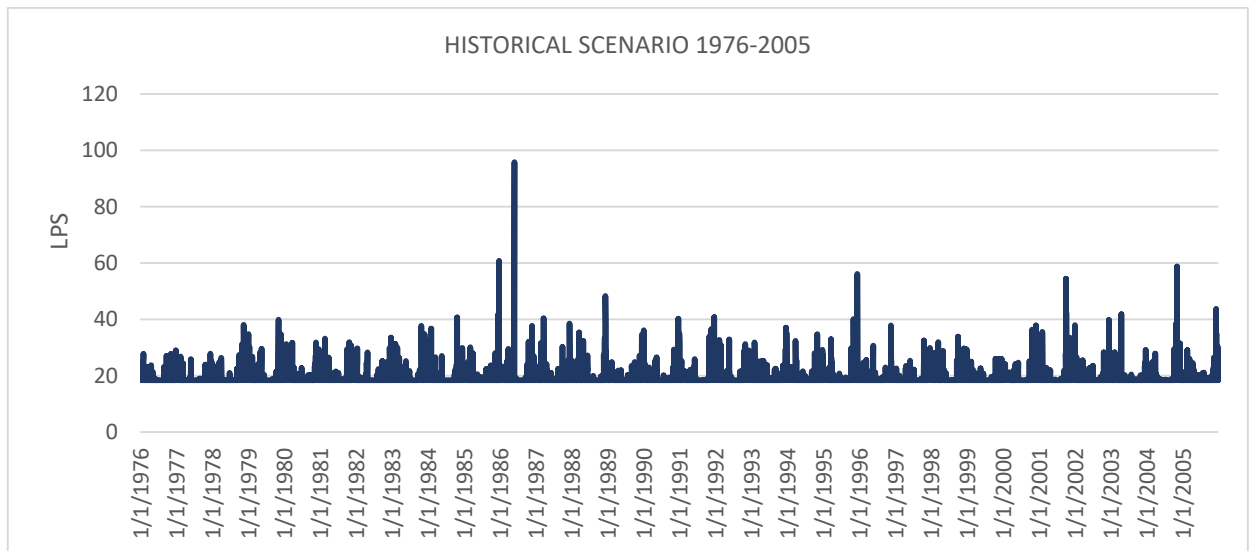
ΣΤ.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



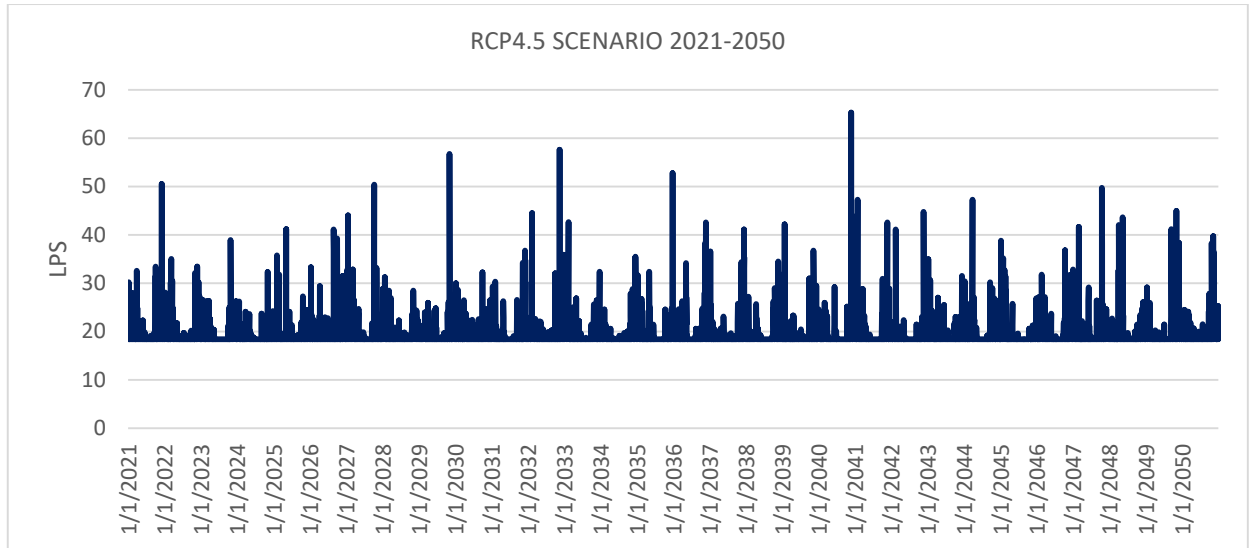
ΣΤ.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



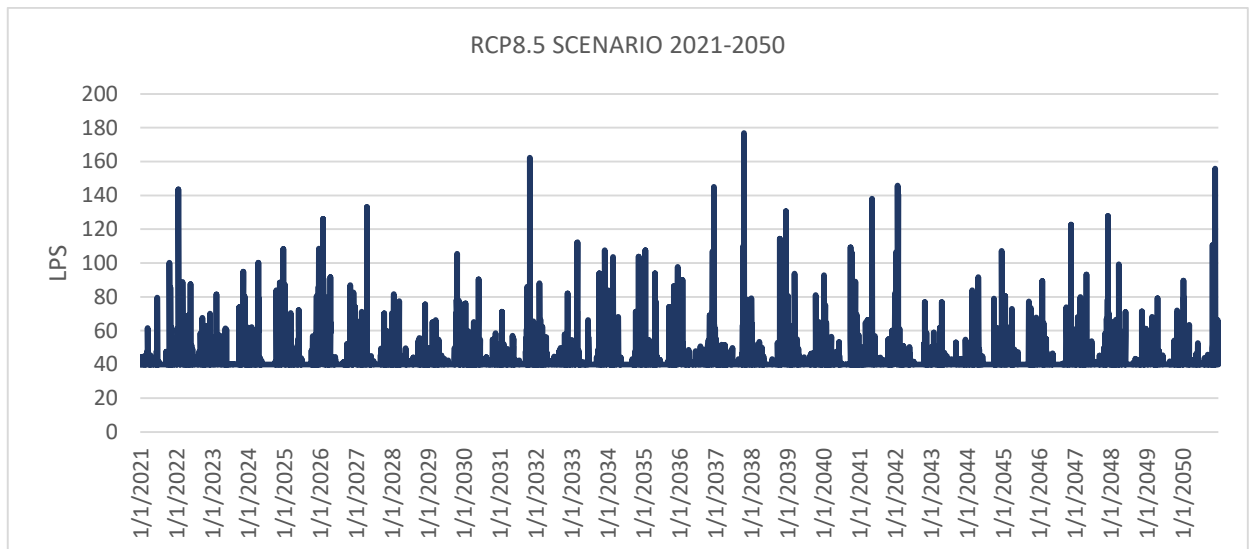
ΣΤ.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



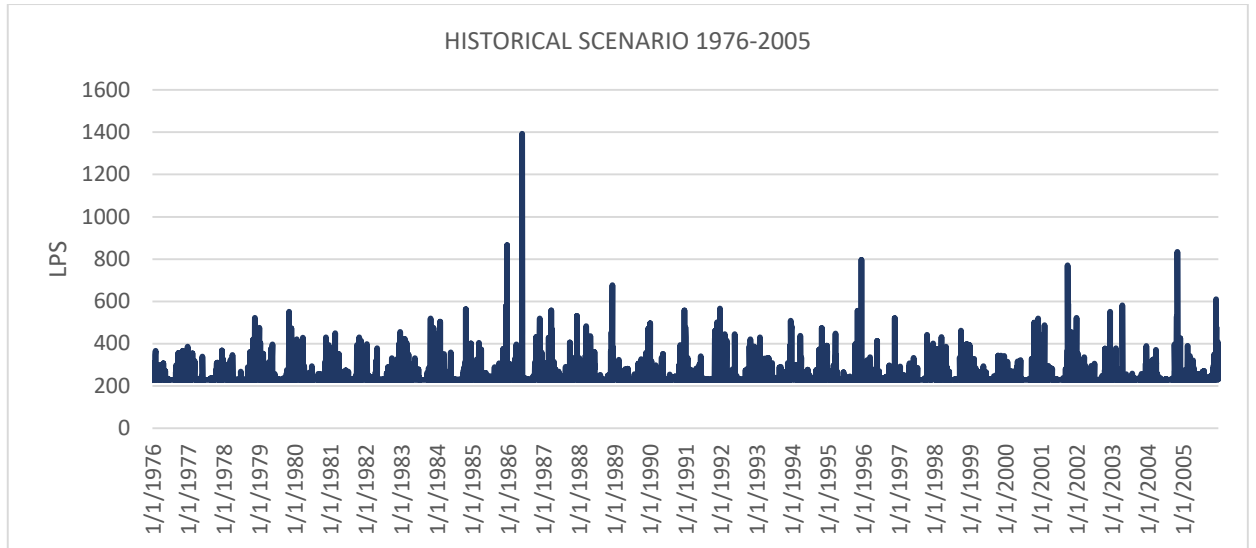
ΣΤ.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



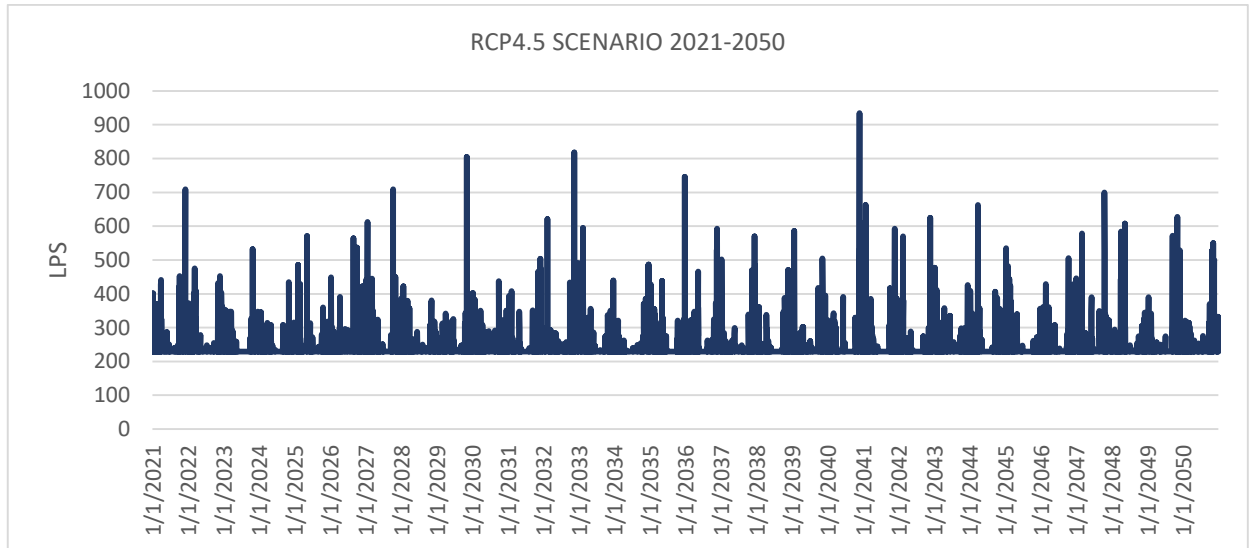
ΣΤ.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



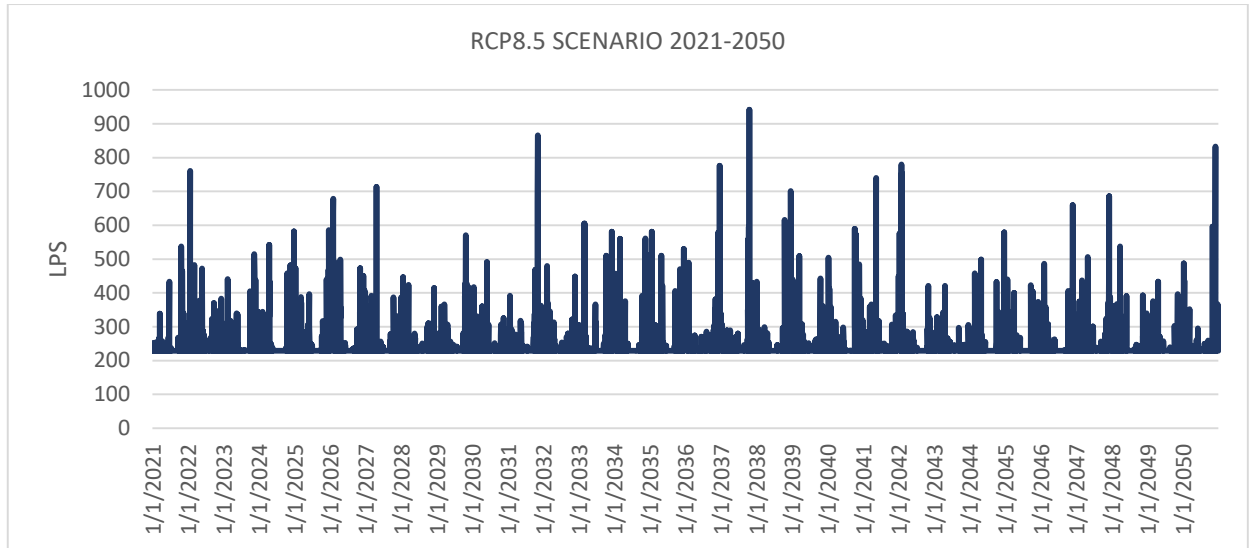
ΣΤ.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



ΣΤ.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



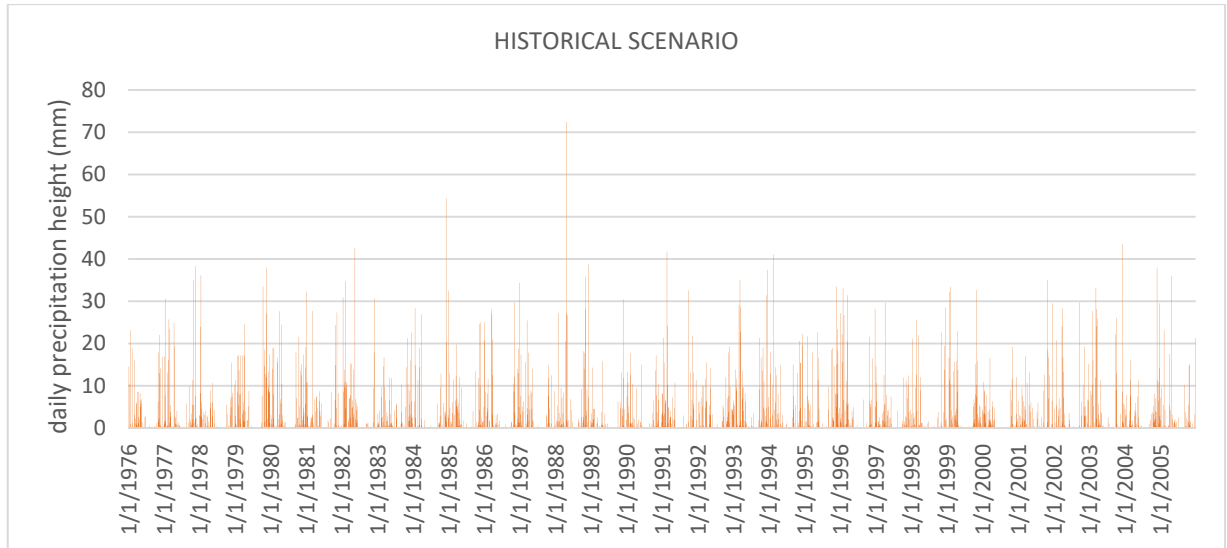
ΣΤ.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES



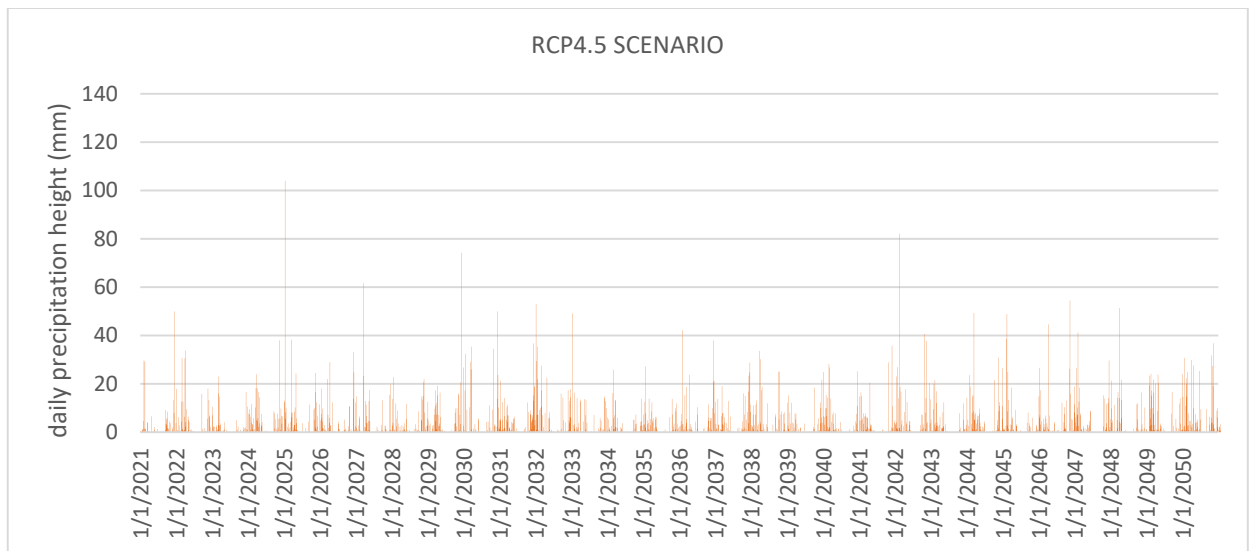
ΣΤ.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου SMHI-RCA4 - MOHC-HADGEM2-ES

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΝΜΙ-RACMO22E – ICHEC-EC-EARTH

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

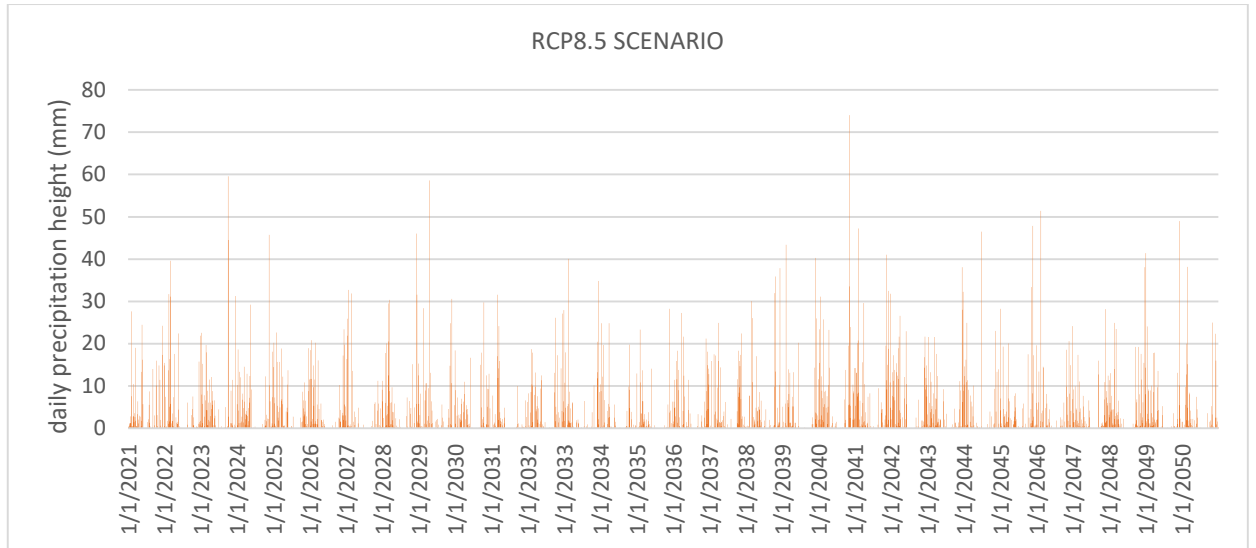


Ζ.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου ΚΝΜΙ-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



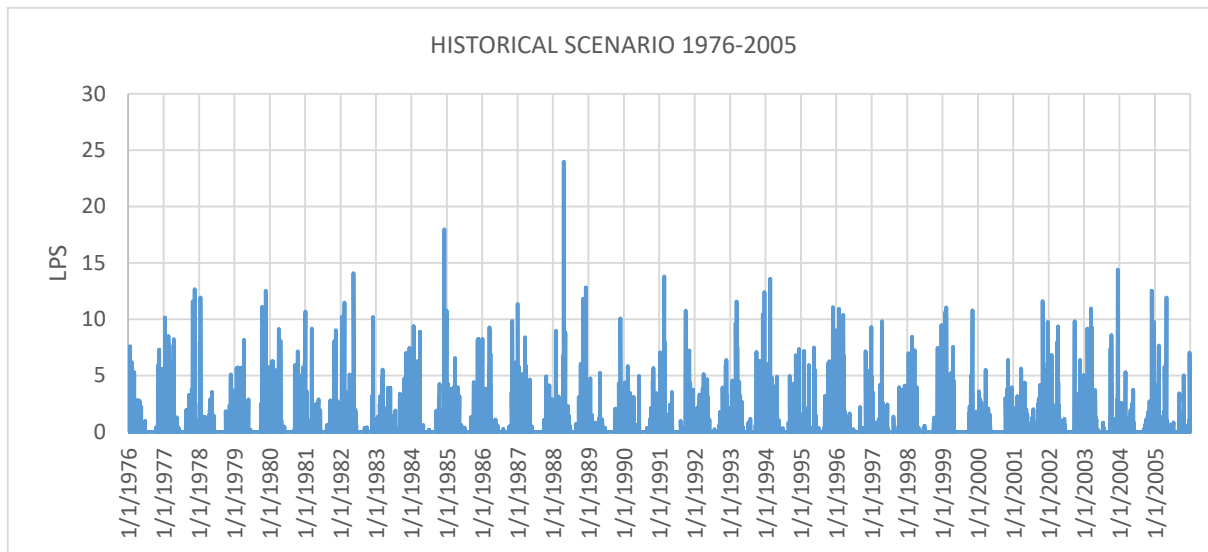
Ζ.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου ΚΝΜΙ-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



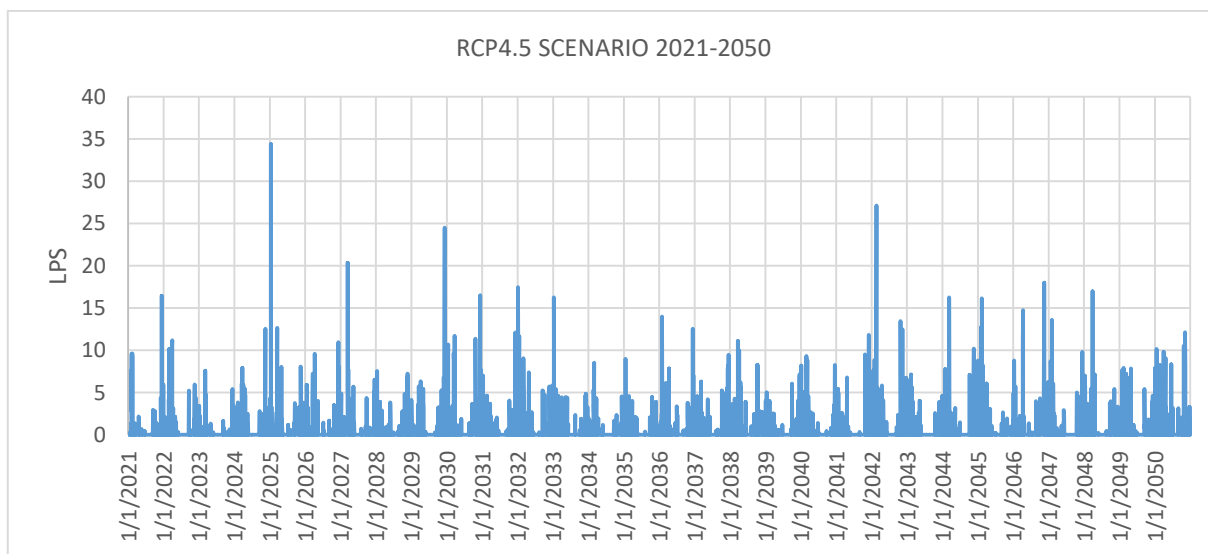


Σ.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

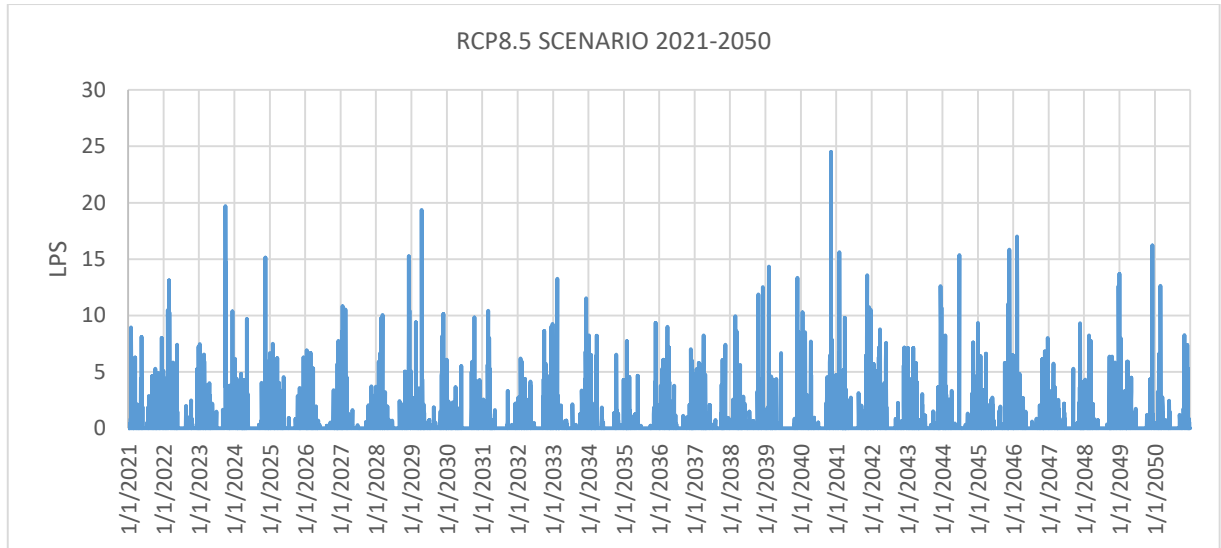
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



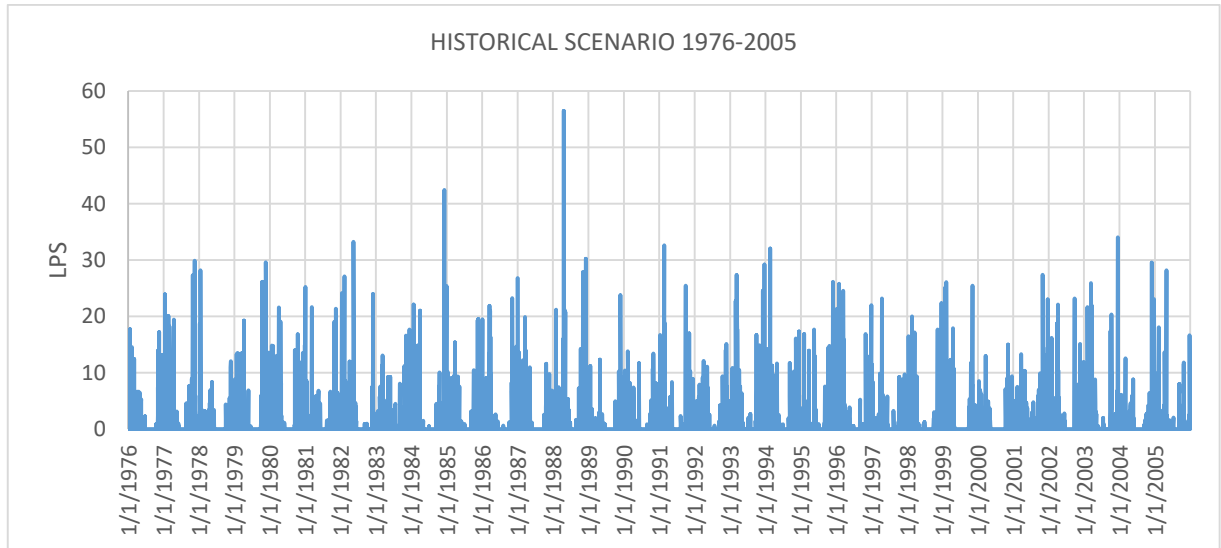
Ζ.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



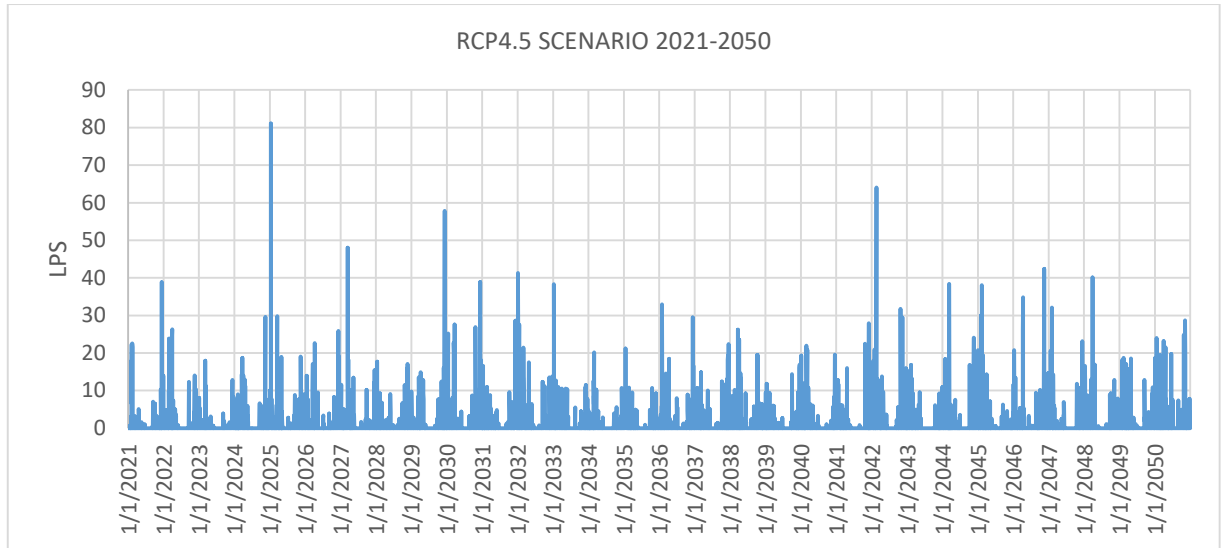
Ζ.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



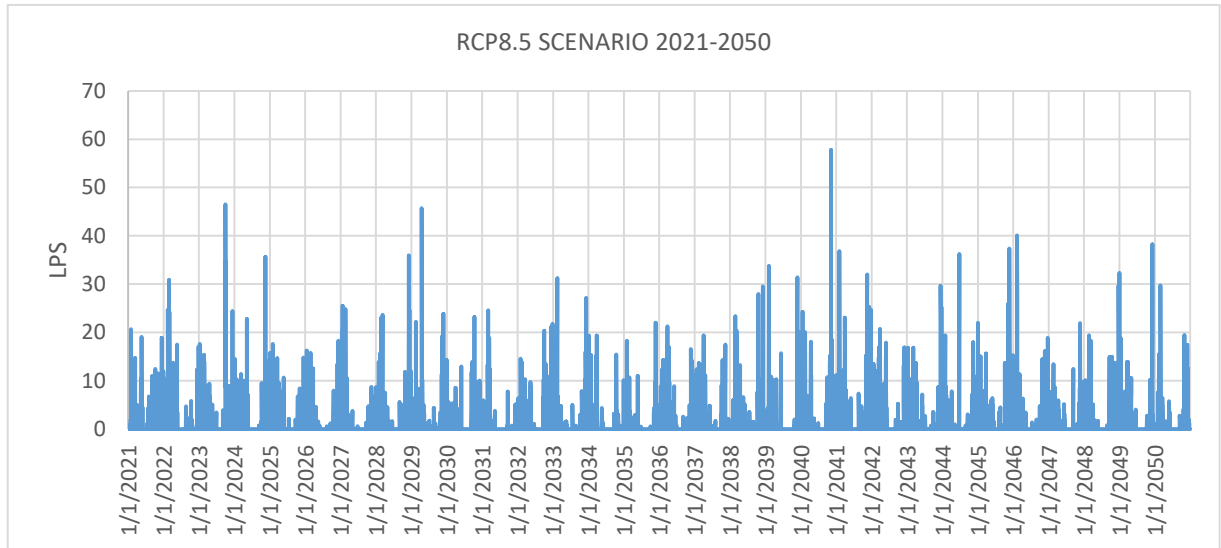
Ζ.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



Ζ.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

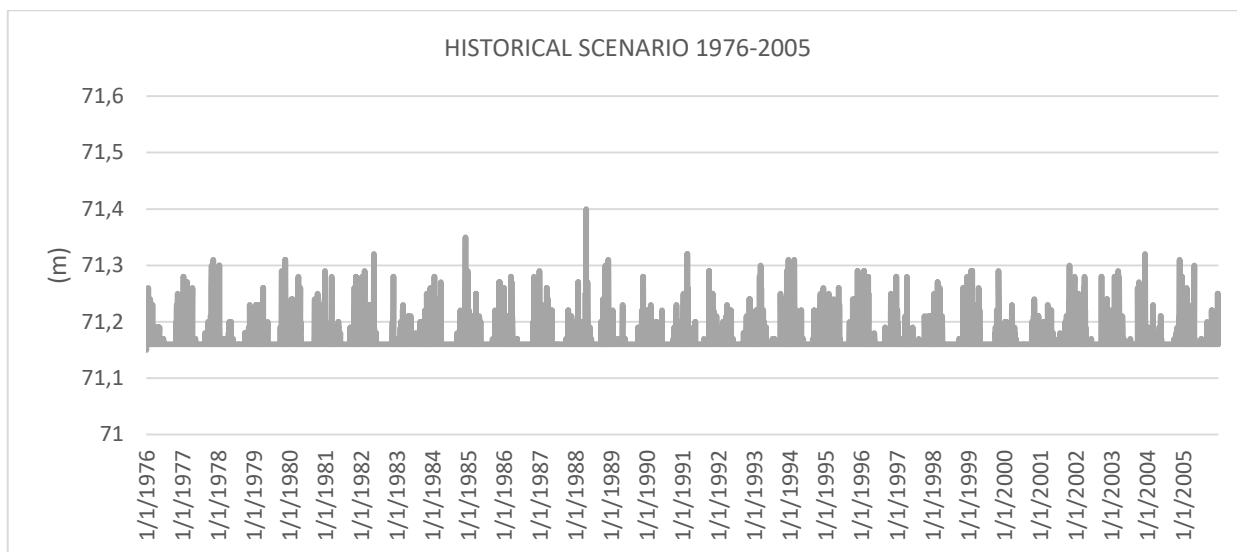


Ζ.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

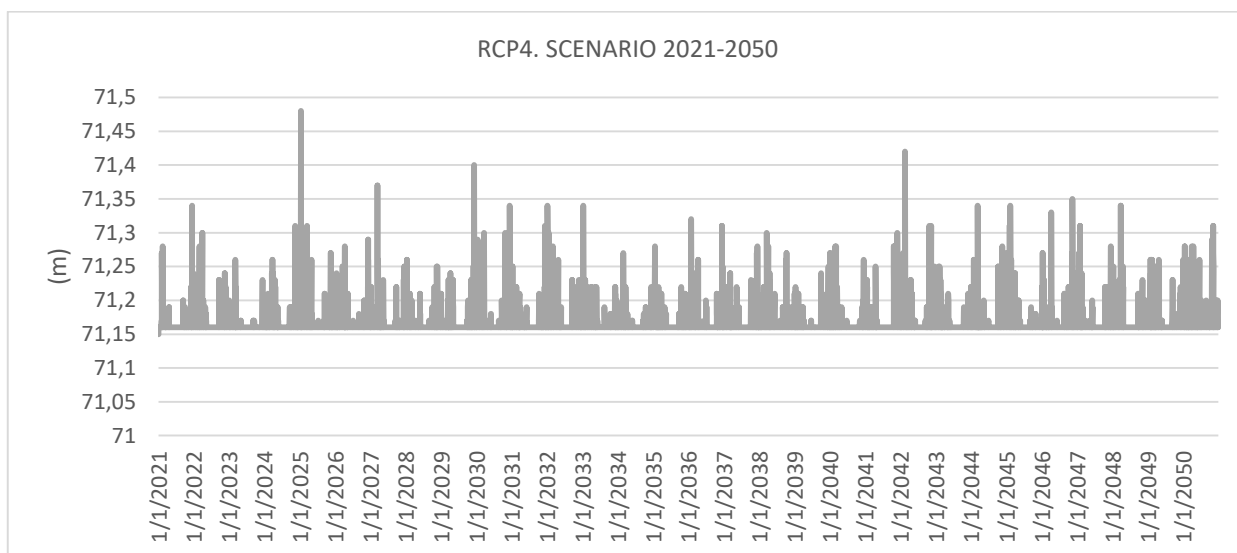


Ζ.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

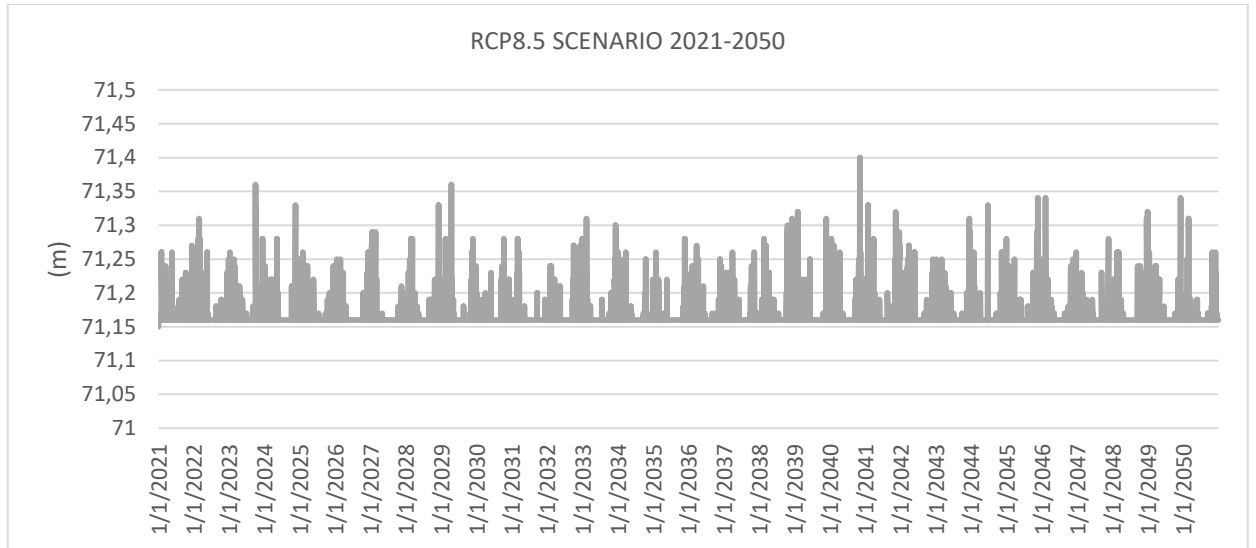
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



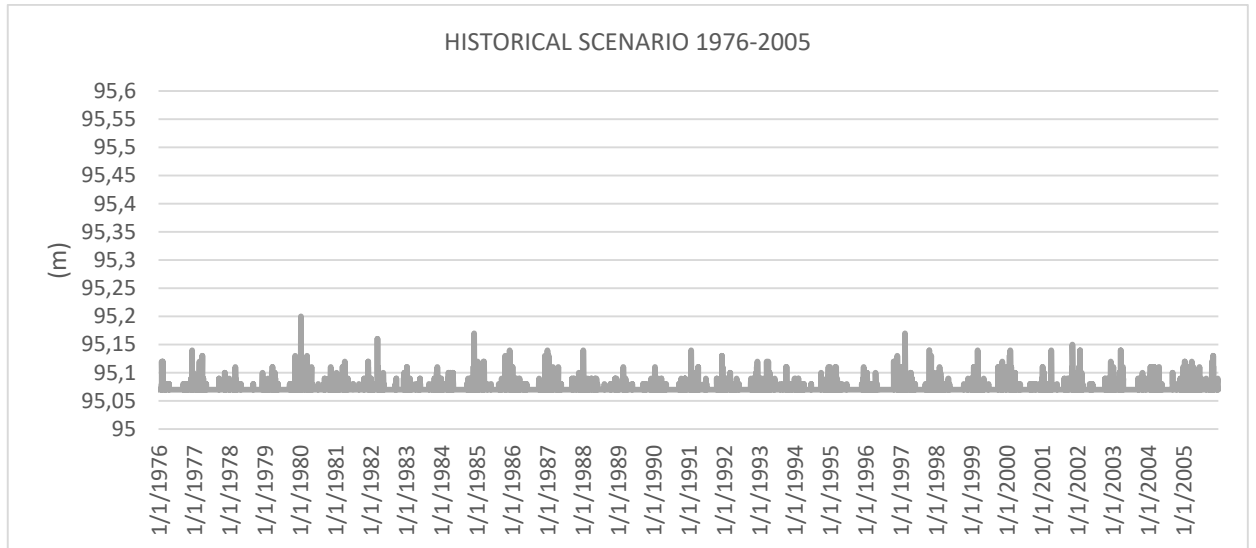
Σ.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



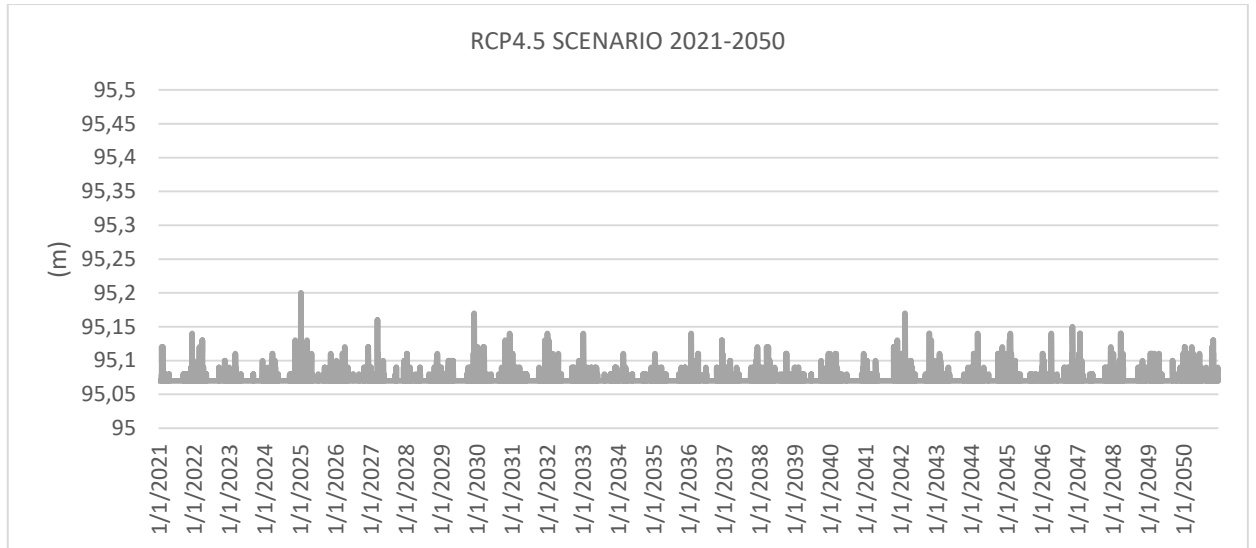
Σ.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



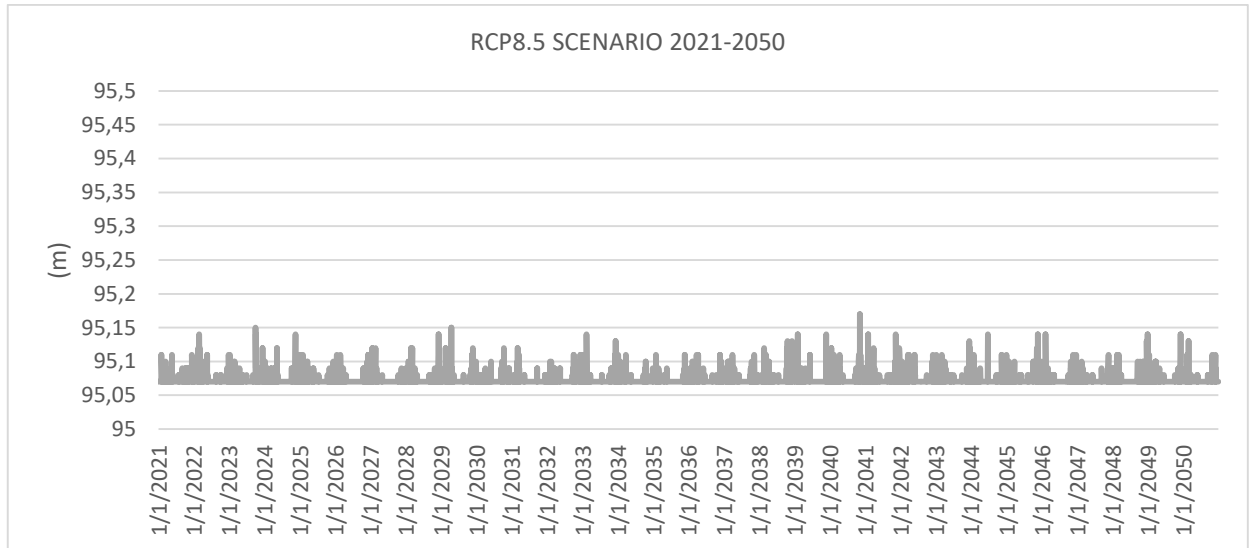
Ζ.12 Στάθμη φρεατίου 108 για τοRCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



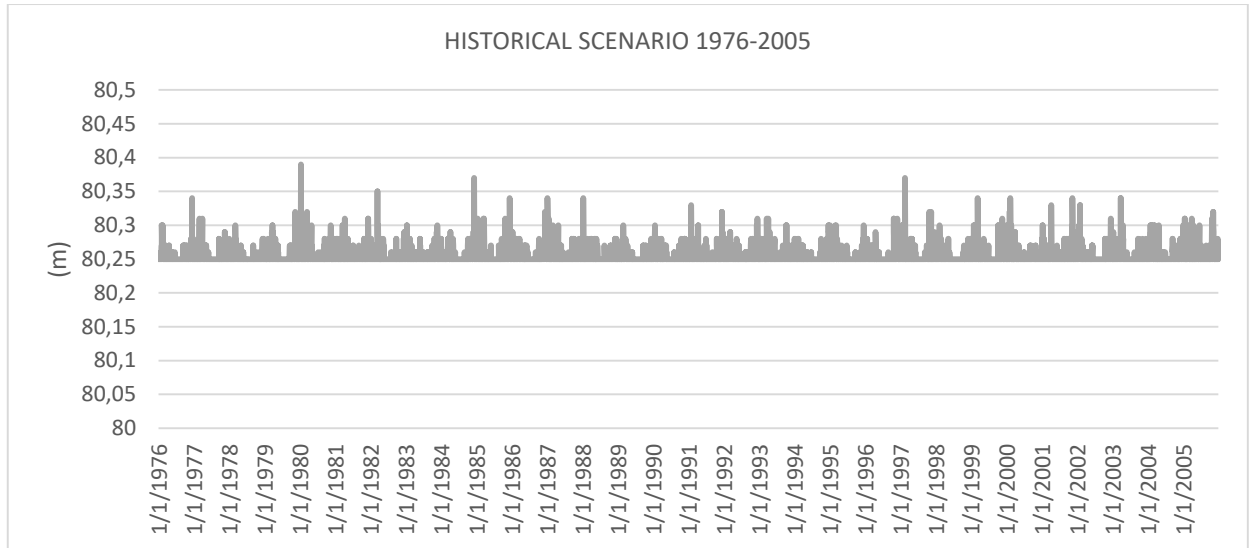
Ζ.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



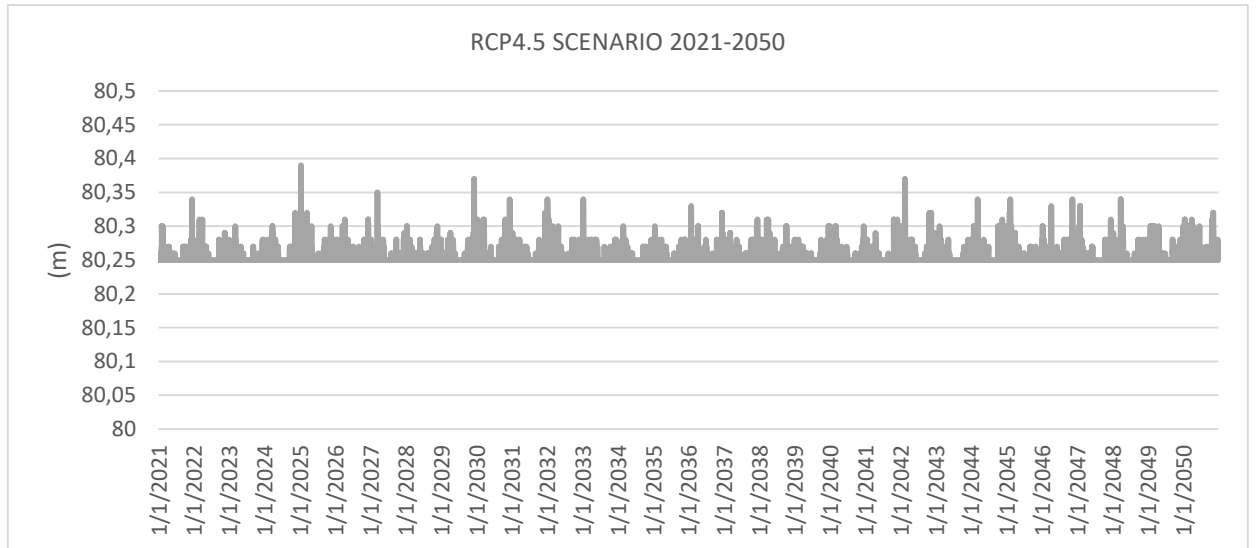
Σ.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



Σ.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

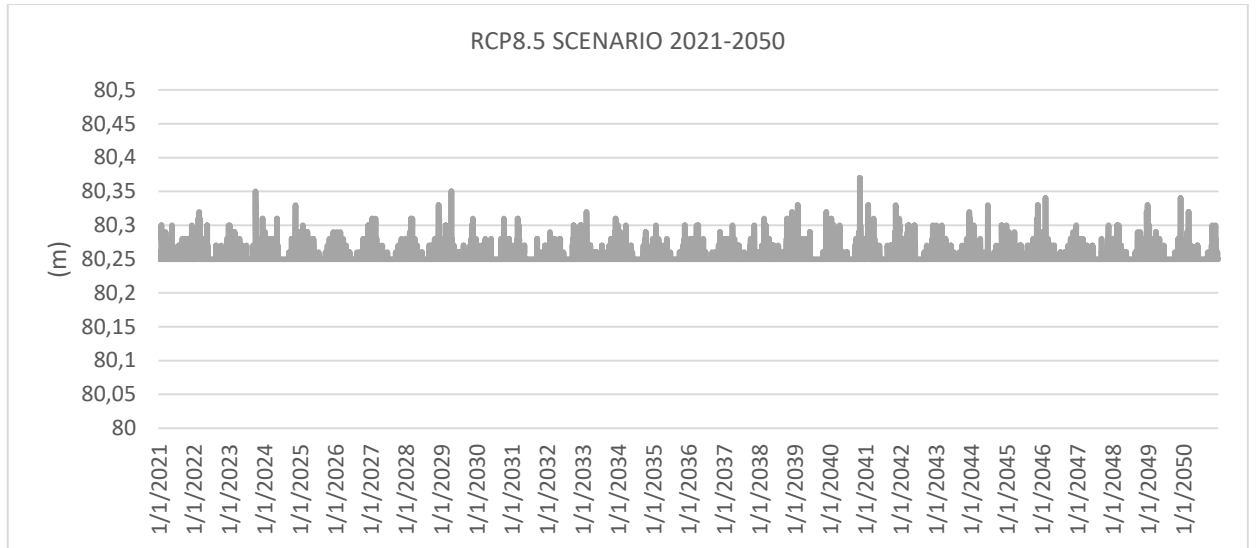


Σ.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



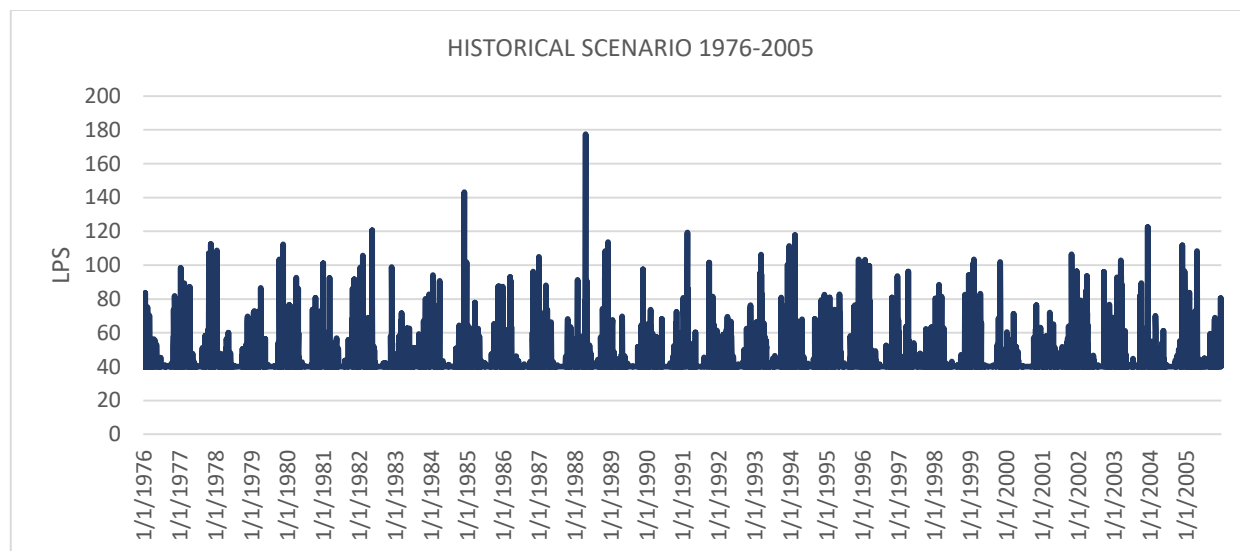
Σ.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



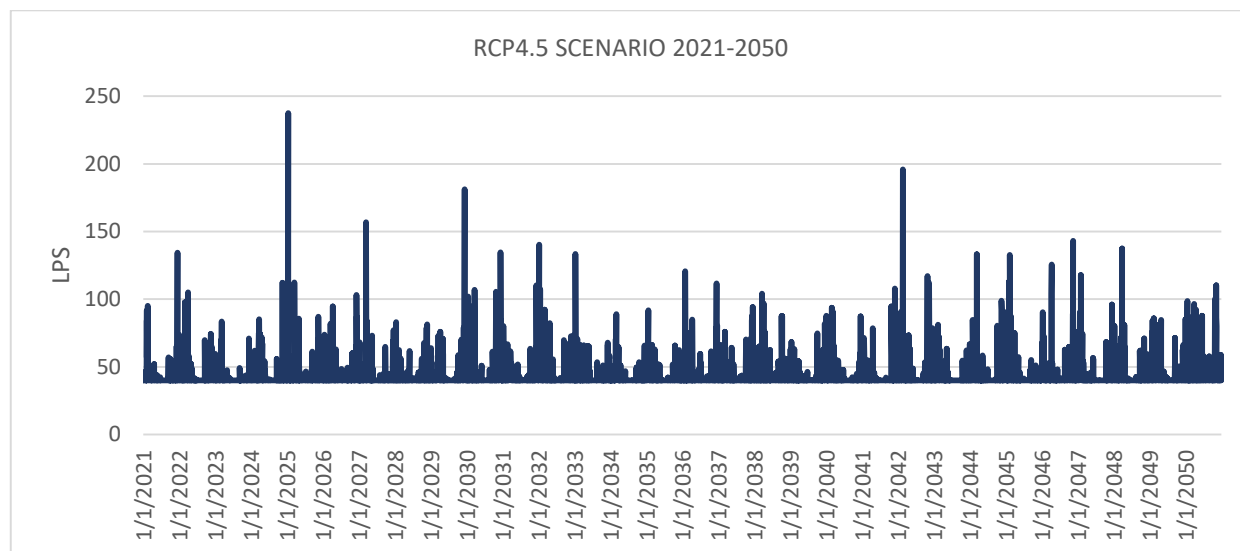


Σ.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

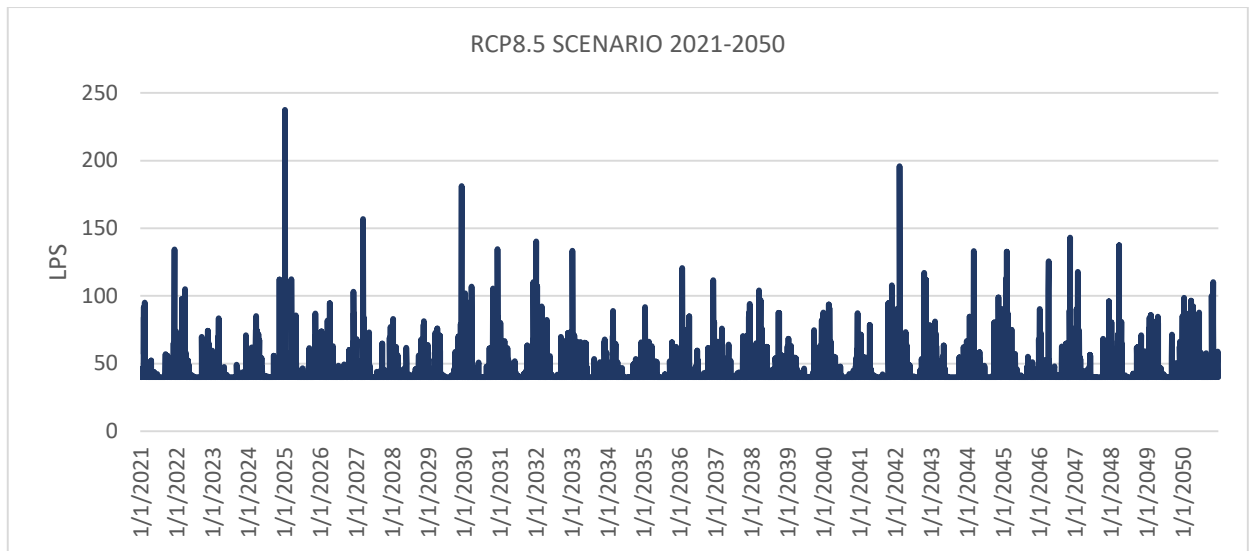
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



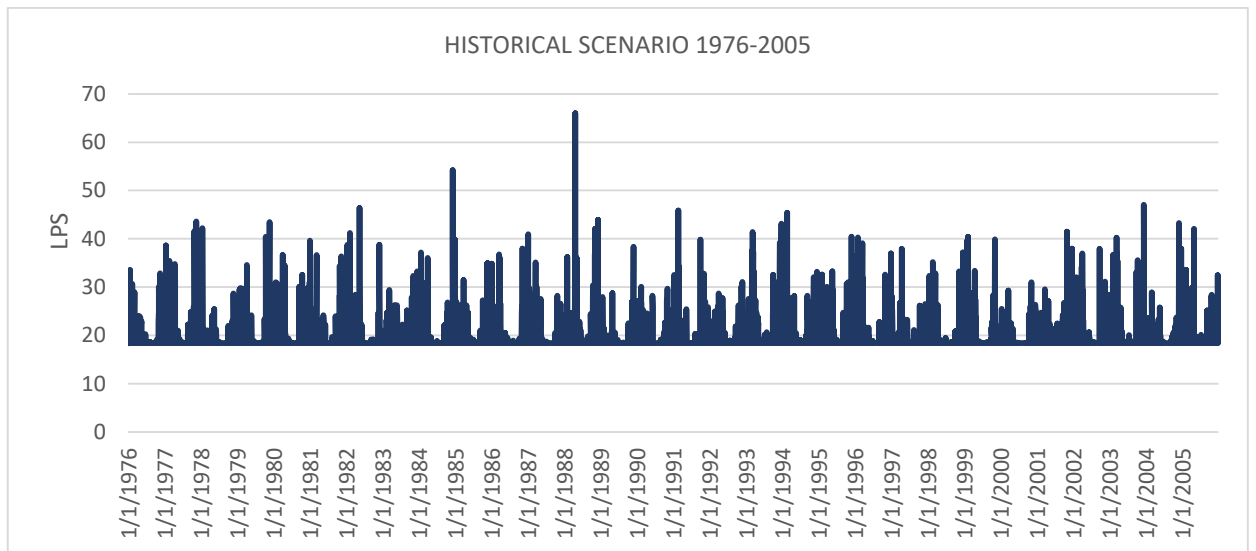
Ζ.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



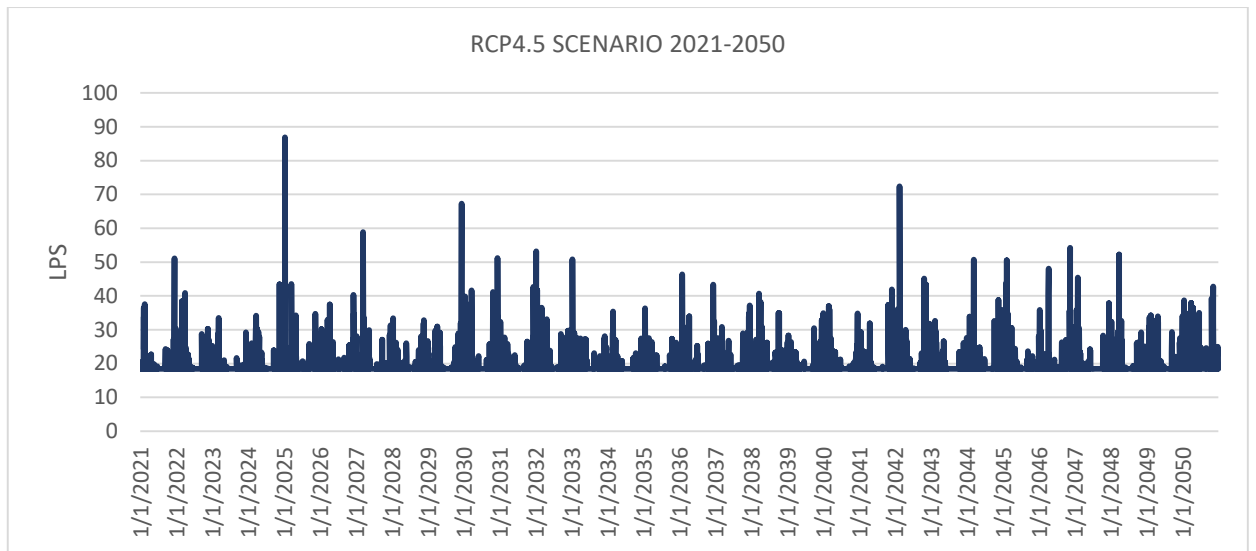
Ζ.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



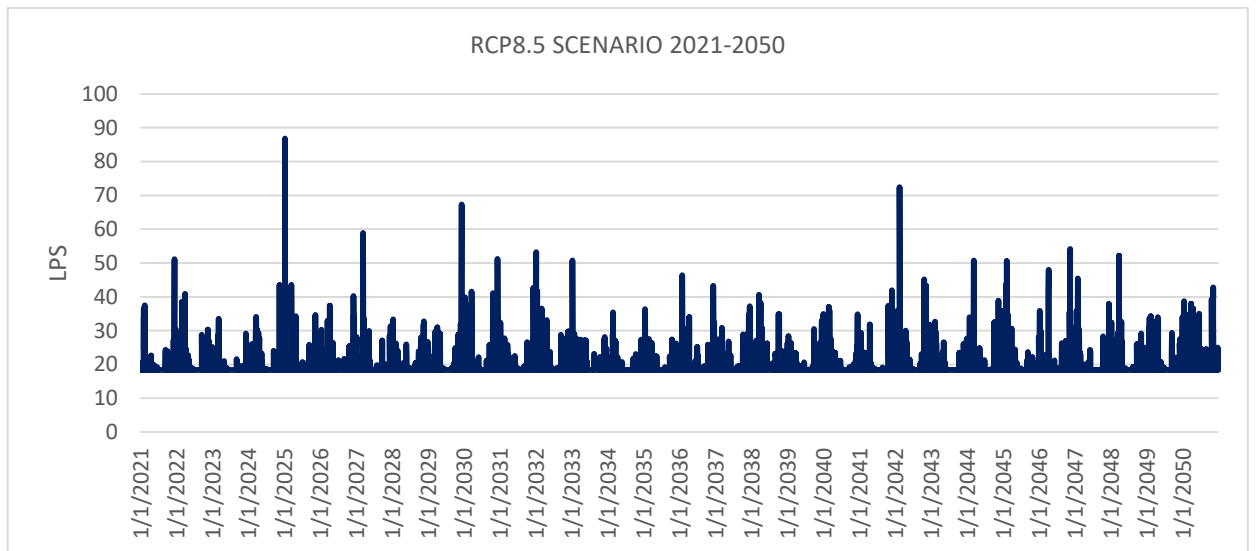
Ζ.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



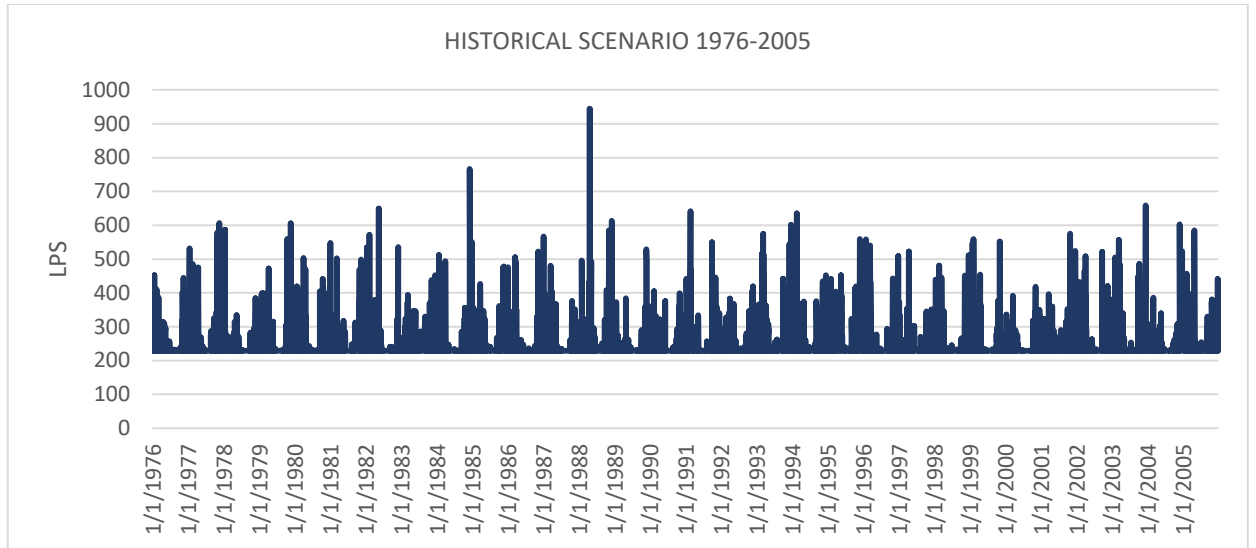
Ζ.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



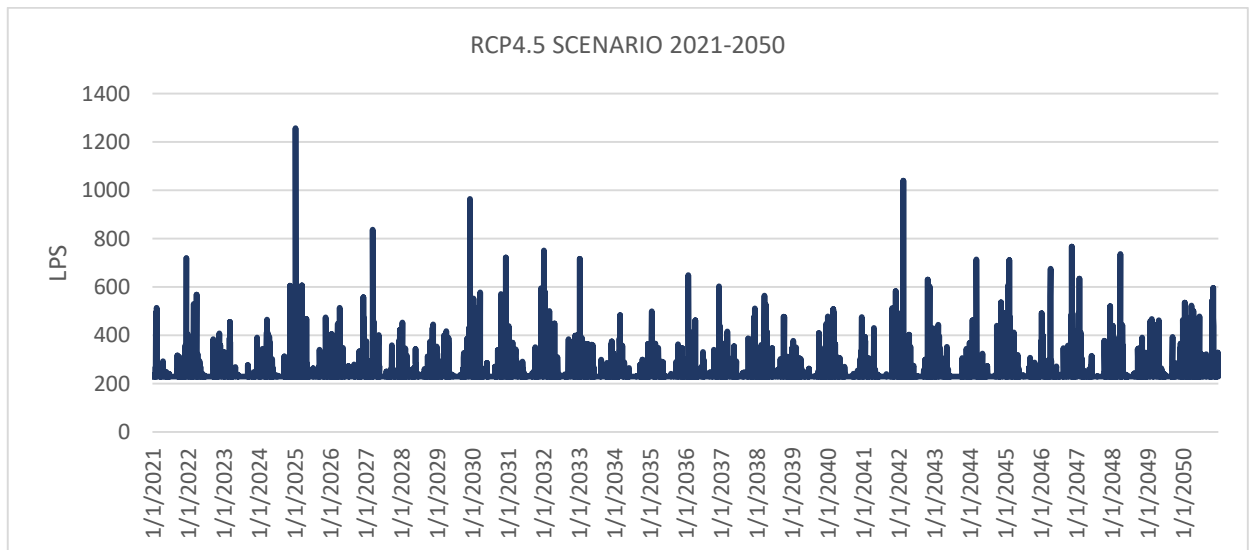
Ζ.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



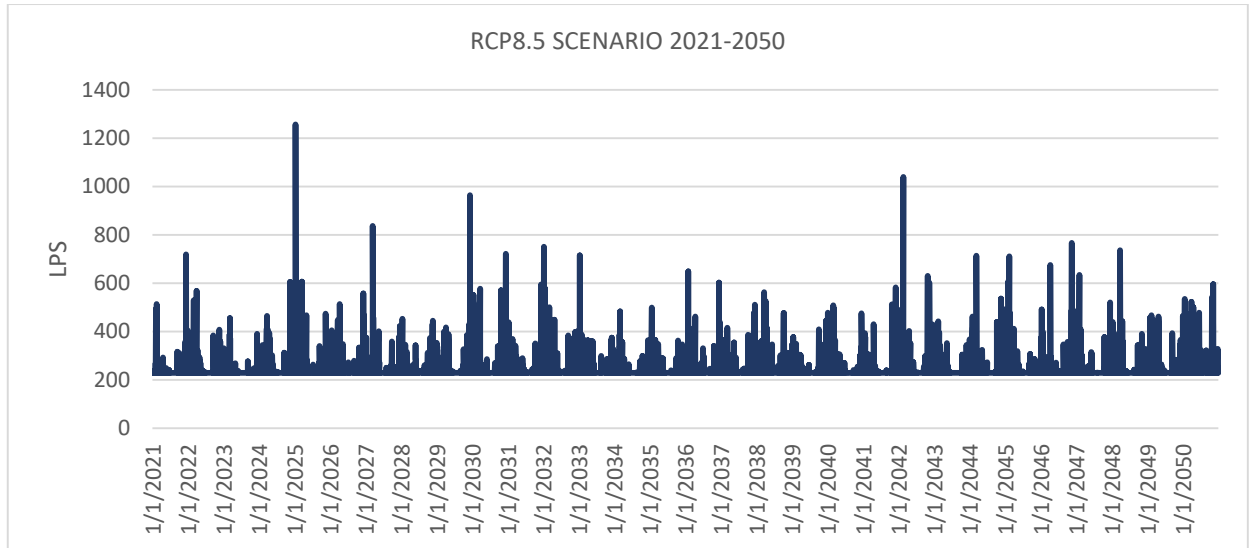
Ζ.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



Ζ.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



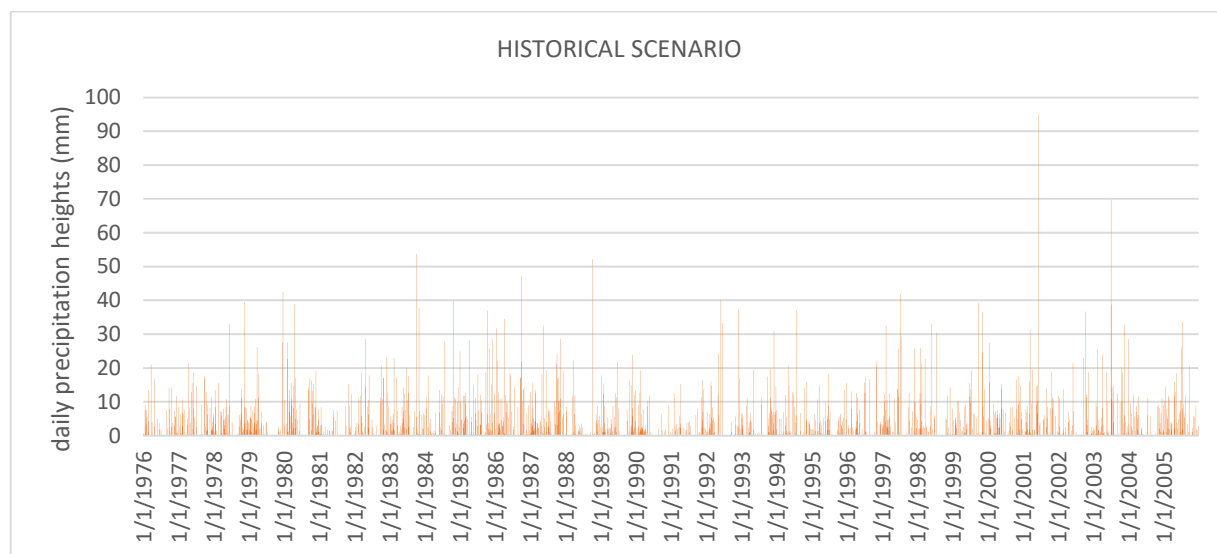
Ζ.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH



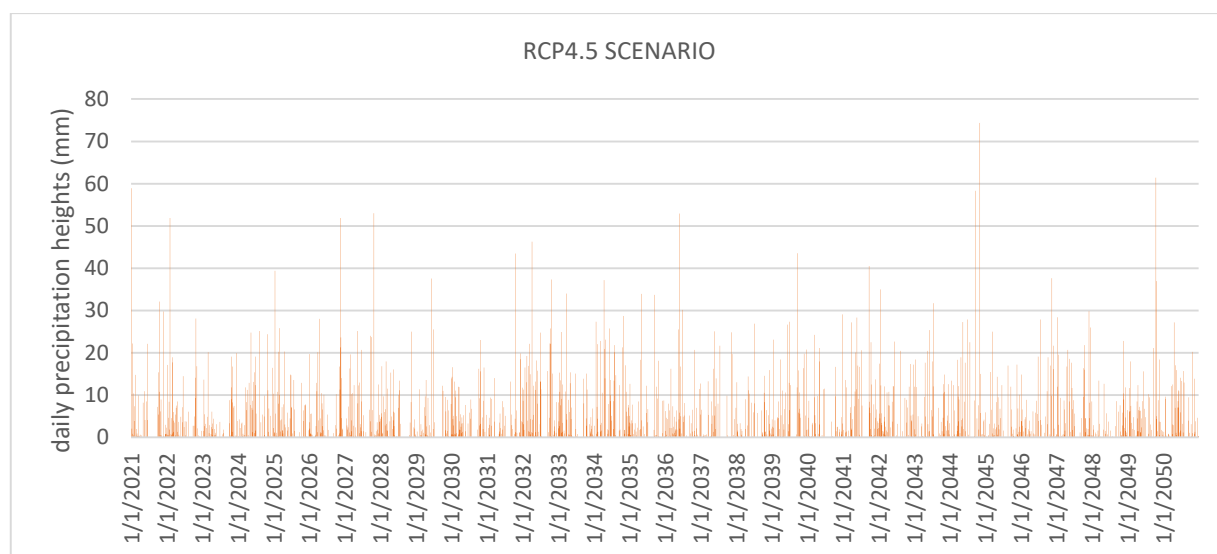
Σ.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου KNMI-RACMO22E-ICHEC-EC-EARTH

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ IPSL-INERIS - WRF331F

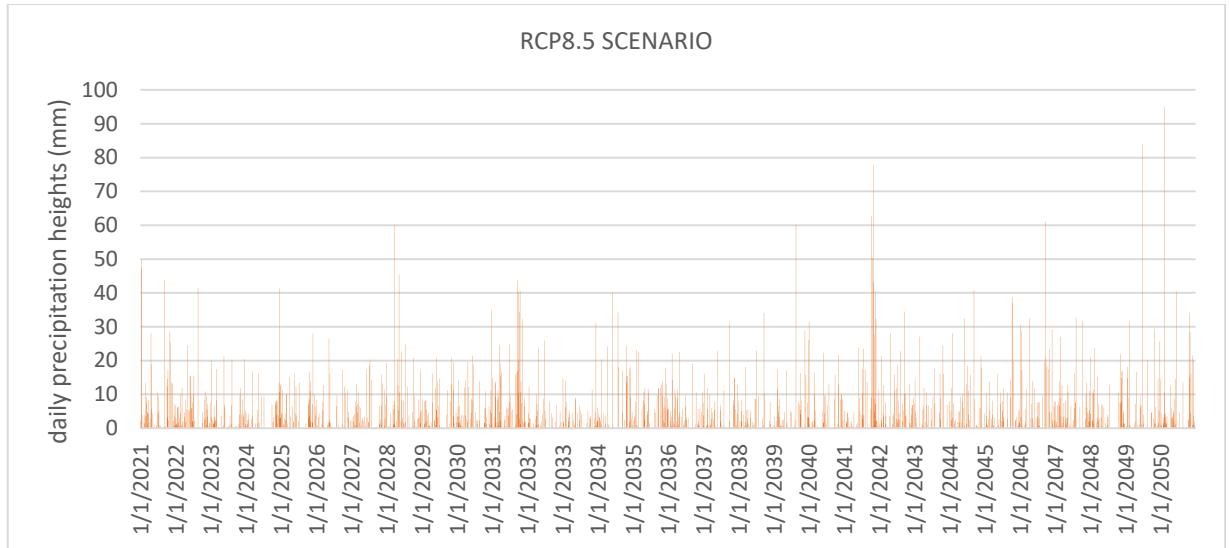
### ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



Η.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



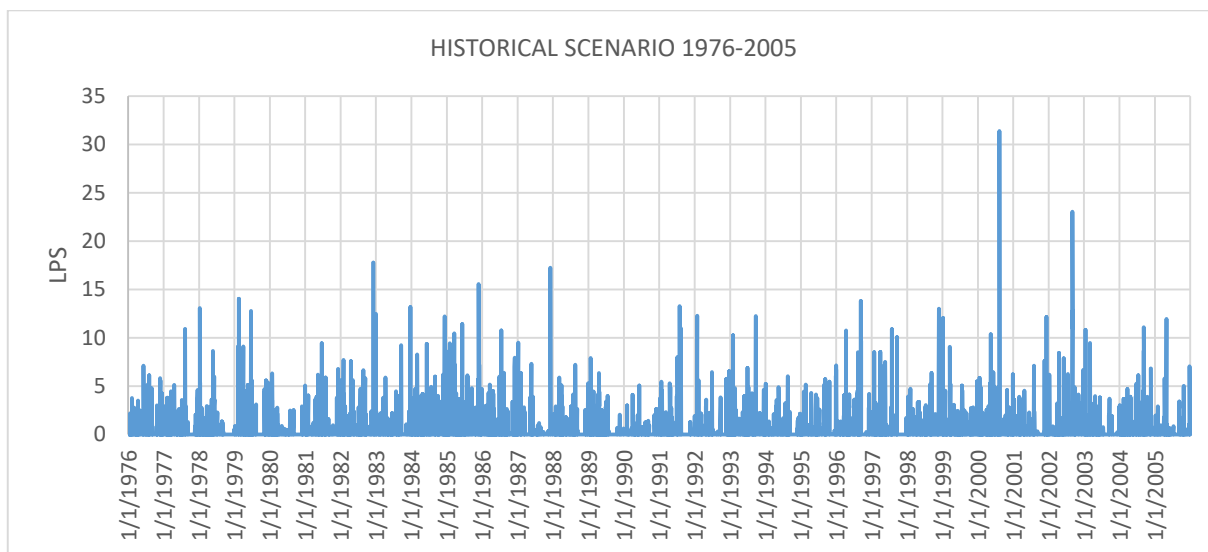
Η.2 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



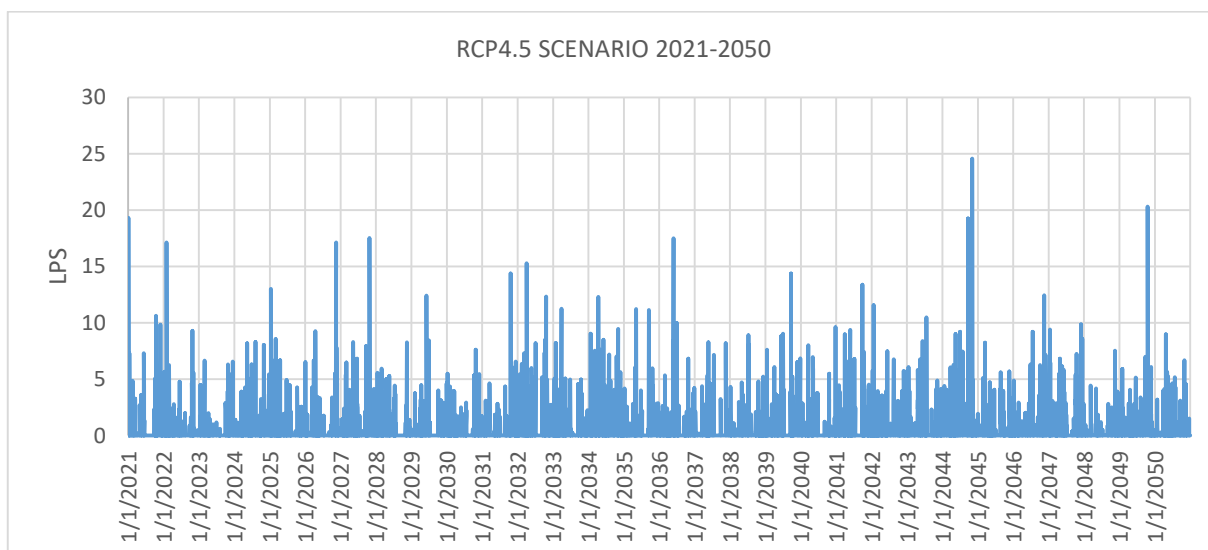
Η.3 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



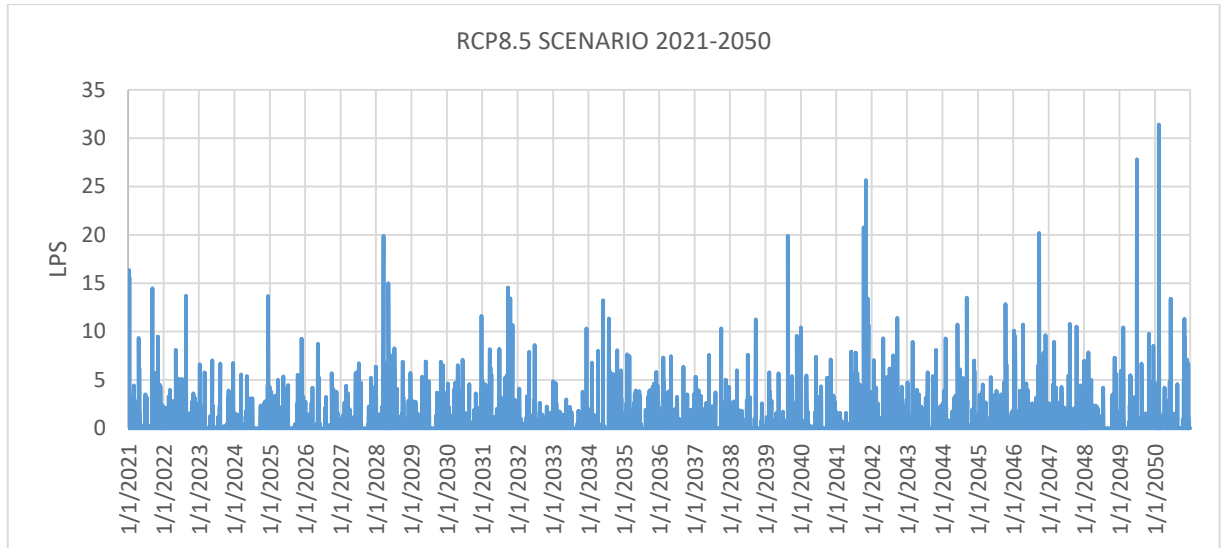
## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ



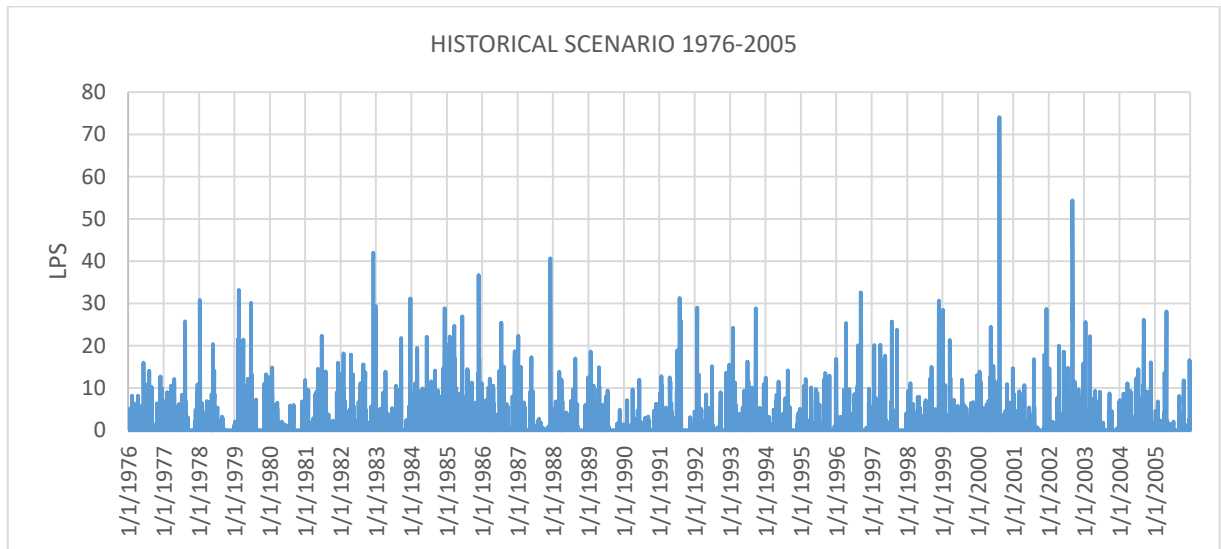
Η.4 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



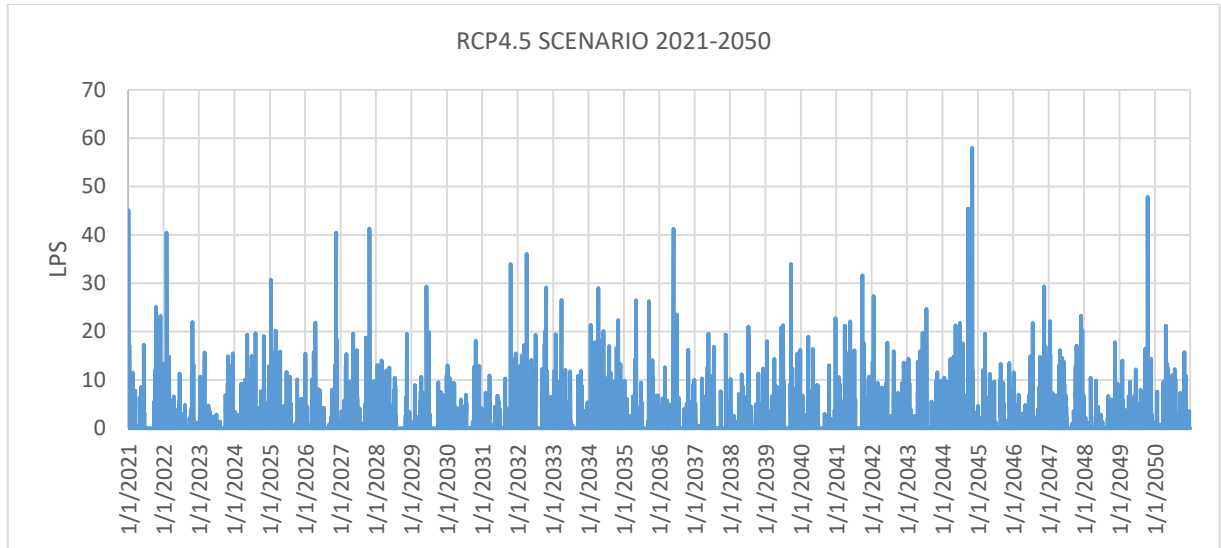
Η.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



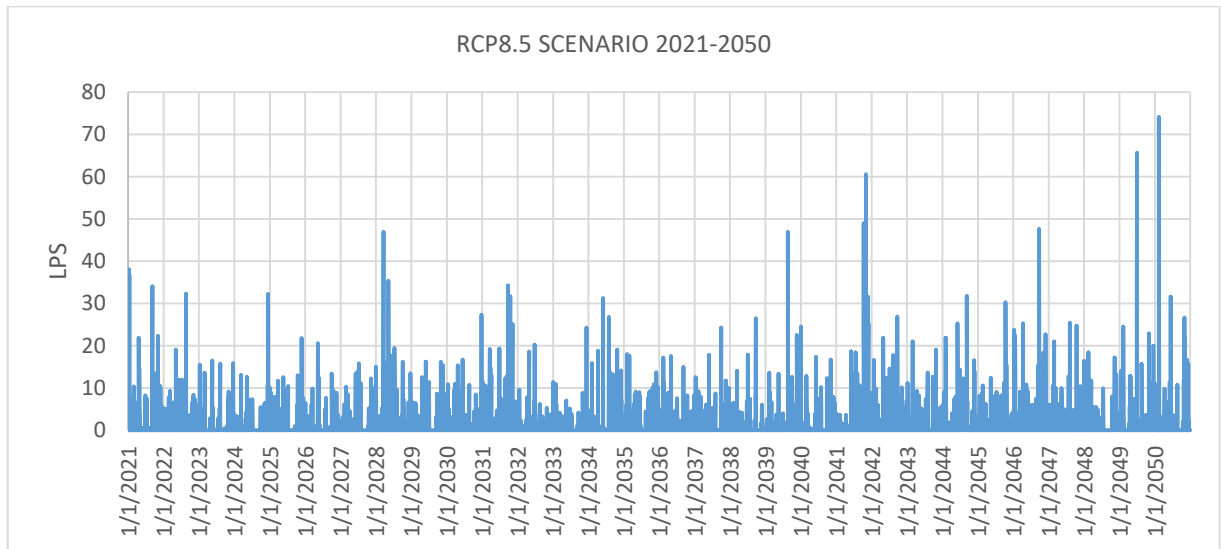
Η.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



Η.7 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F

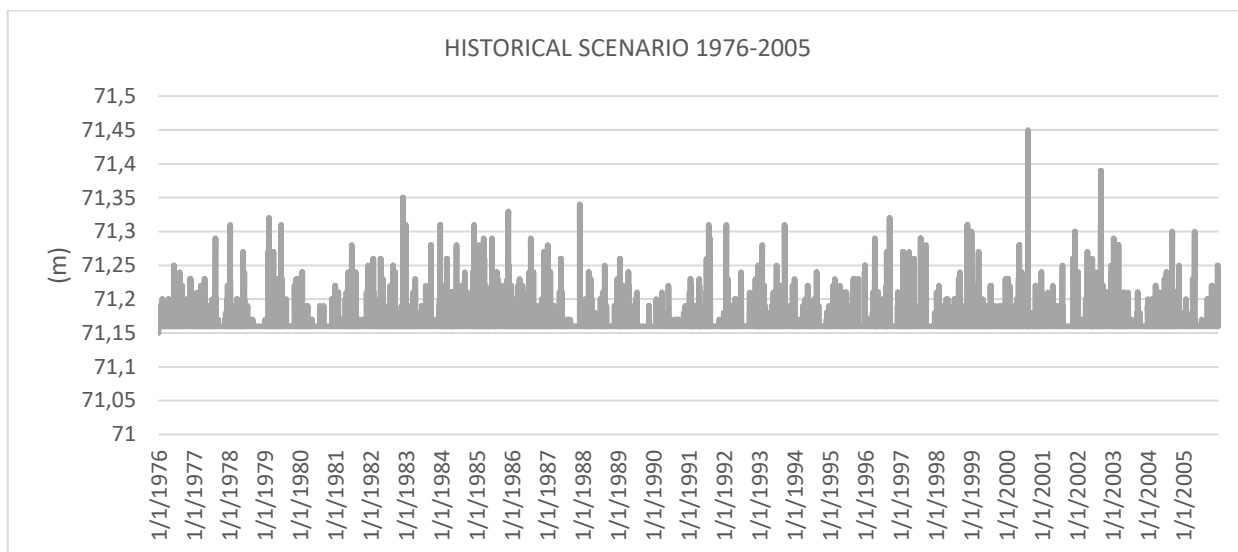


Η.8 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F

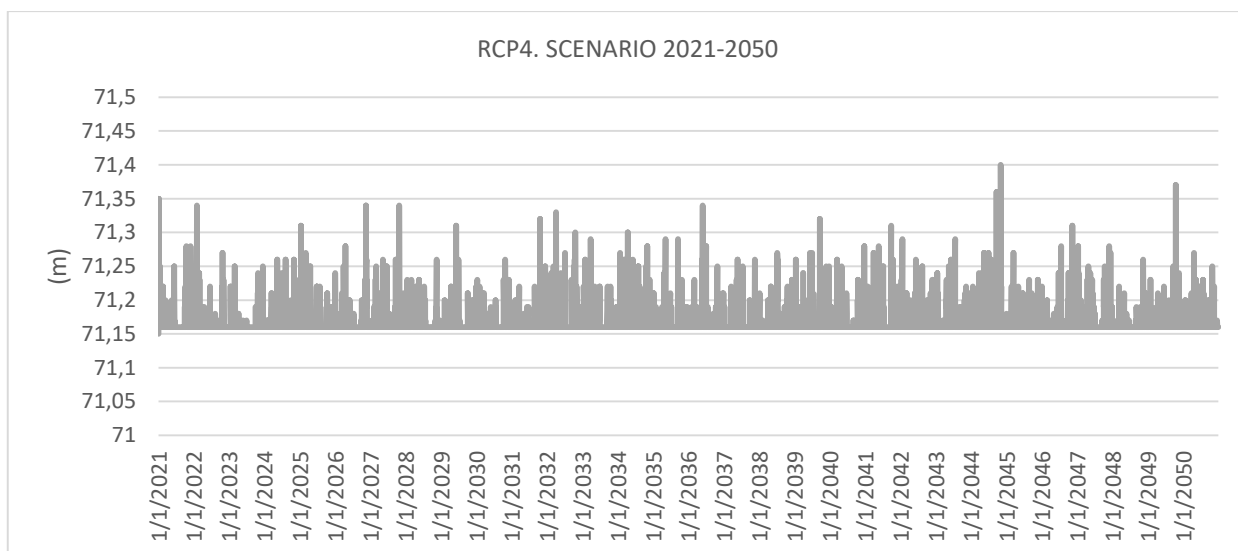


Η.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F

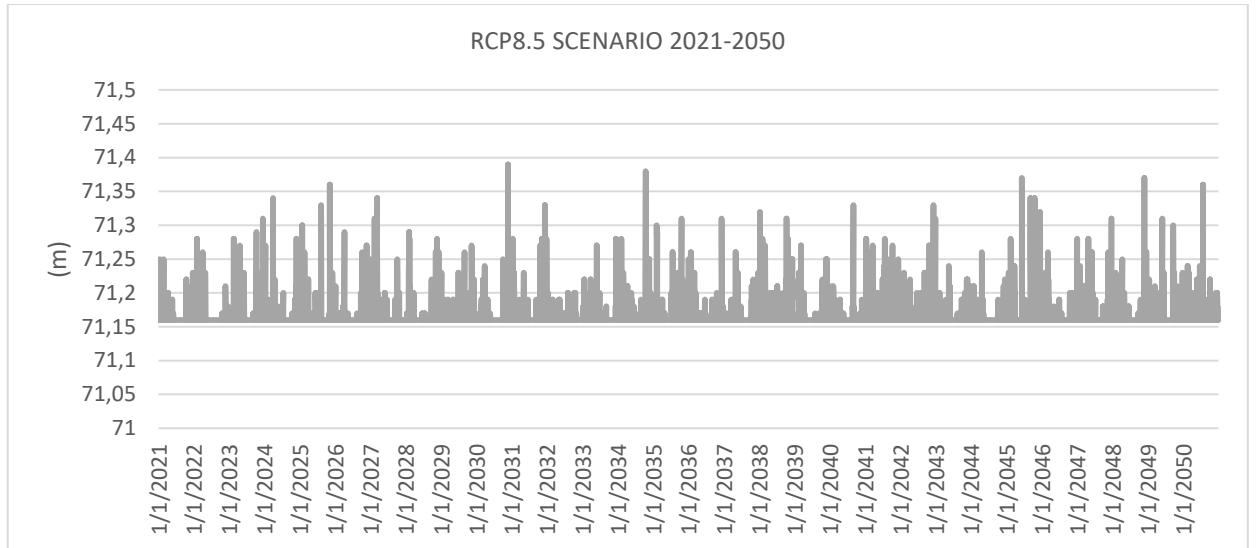
## ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



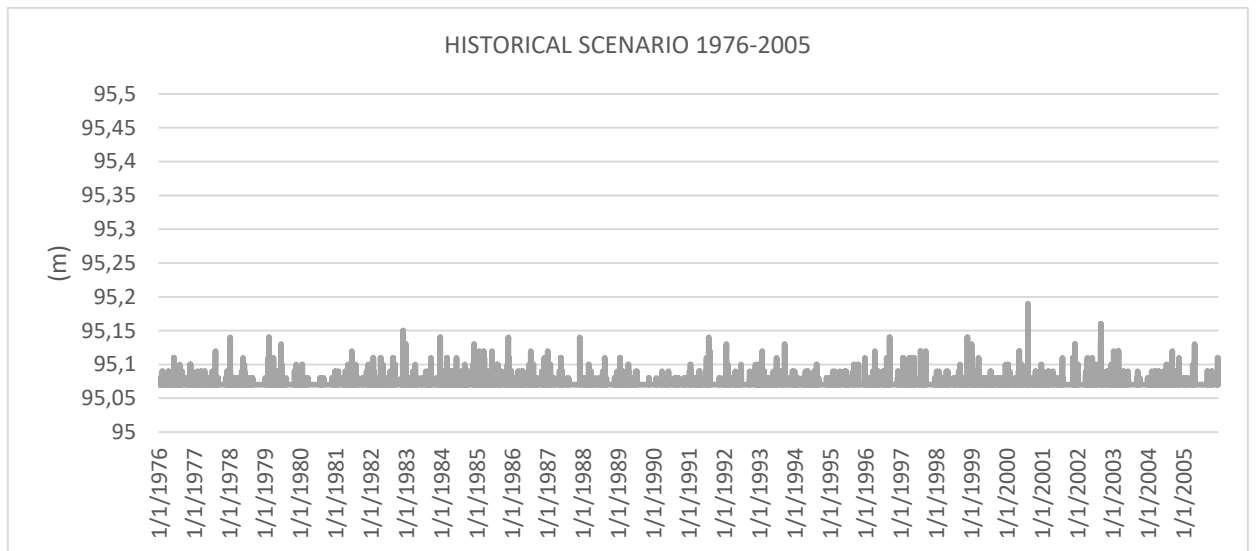
Η.10 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



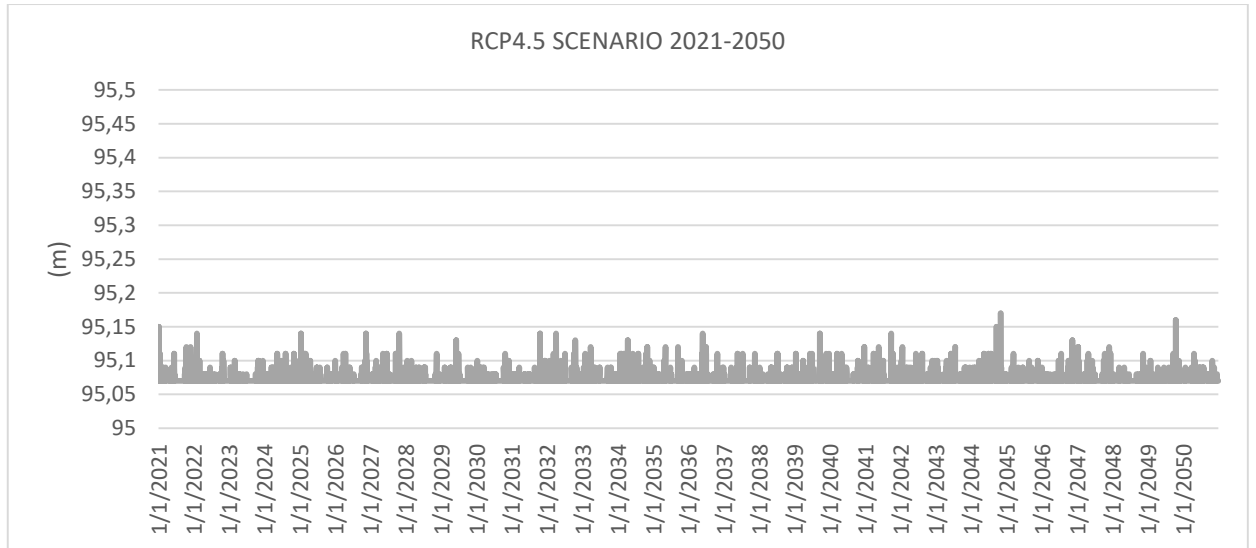
Η.11 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



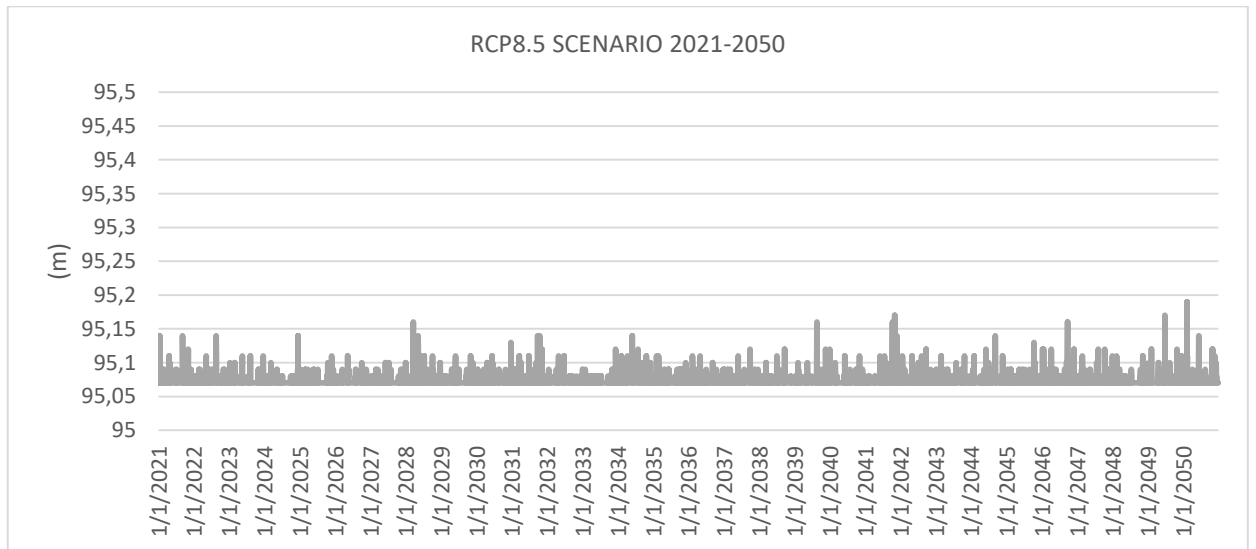
Η.12 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



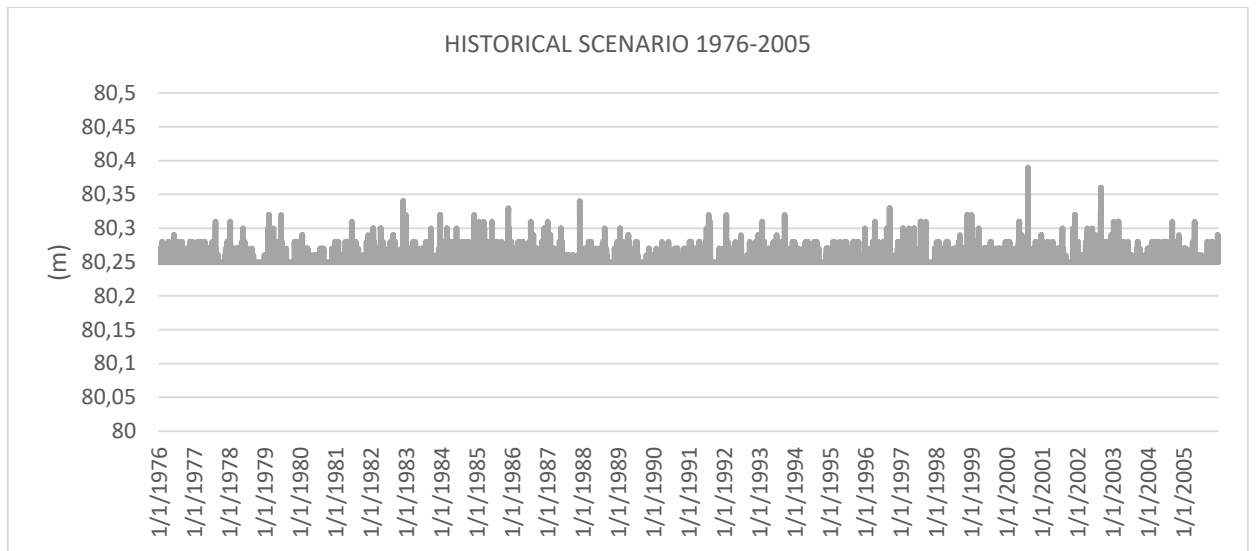
Η.13 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



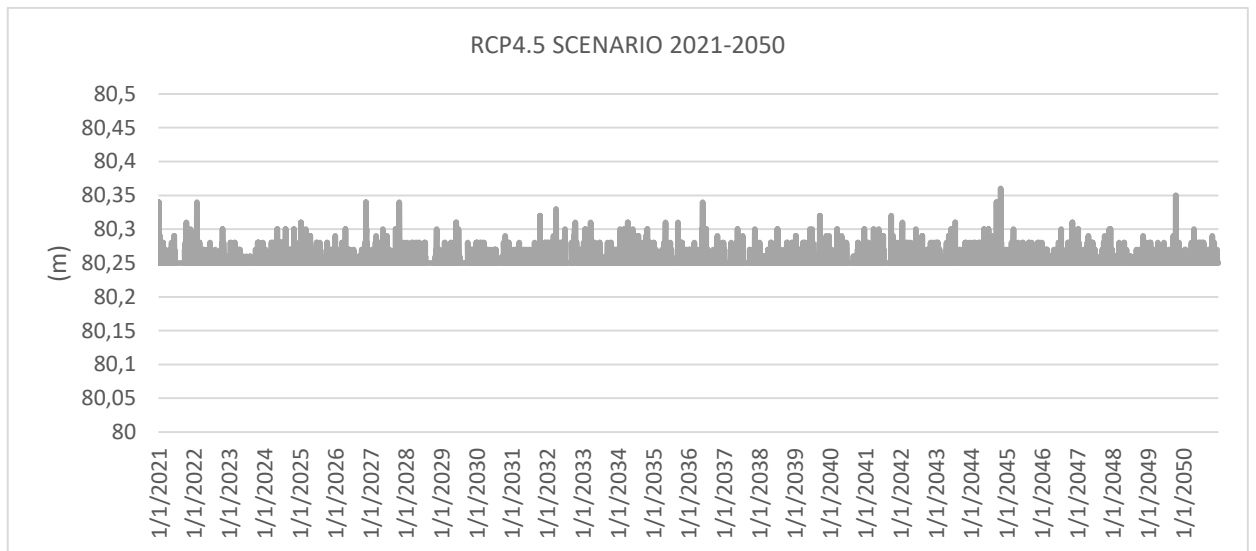
Η.14 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



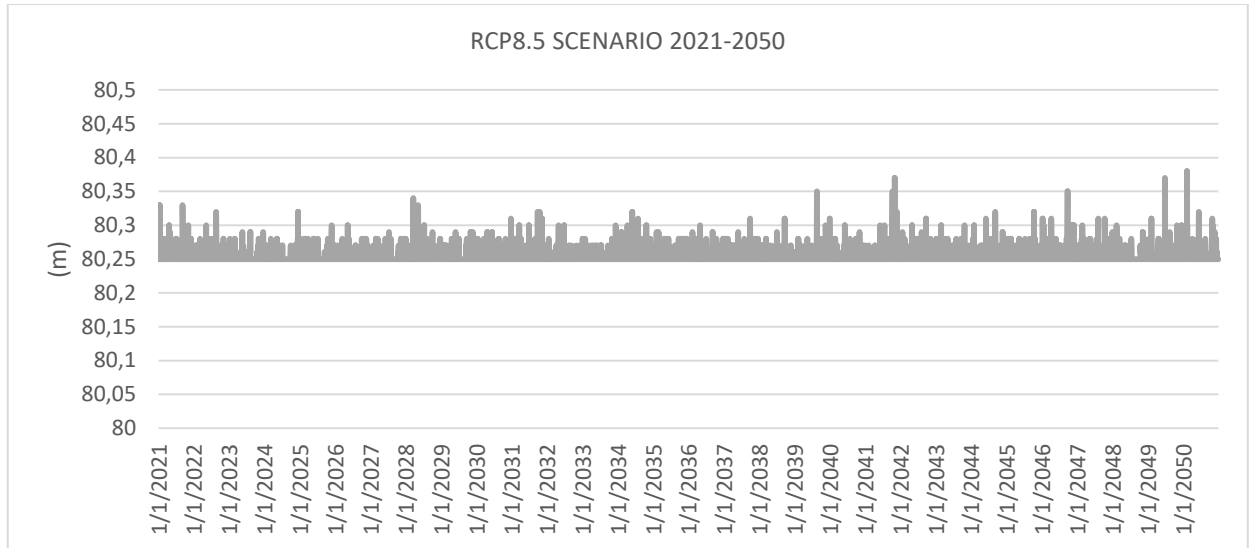
Η.15 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



Η.16 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



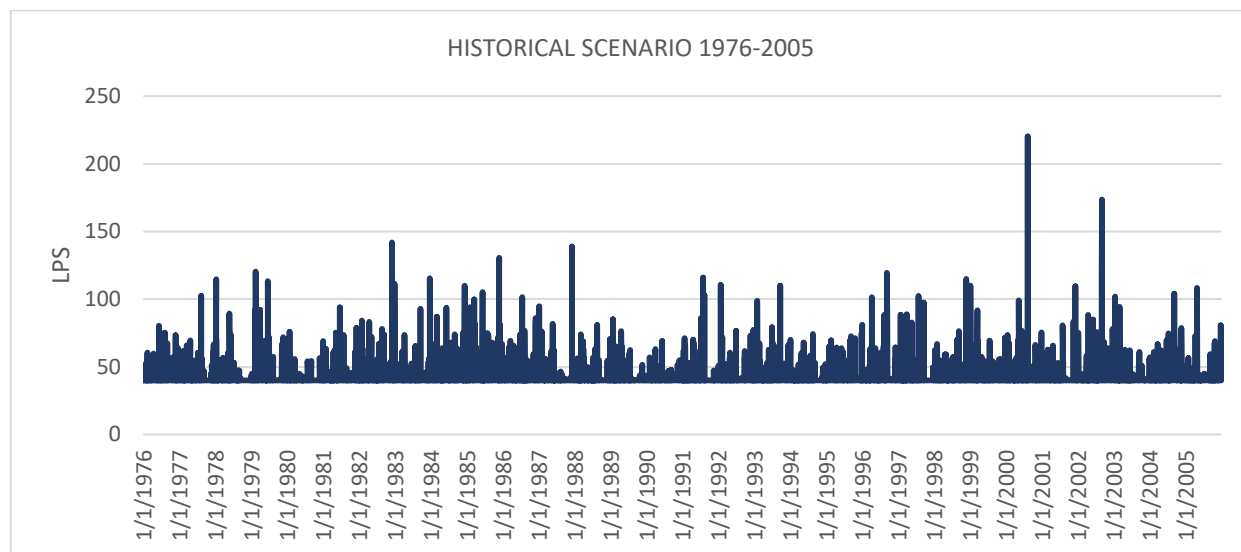
Η.17 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



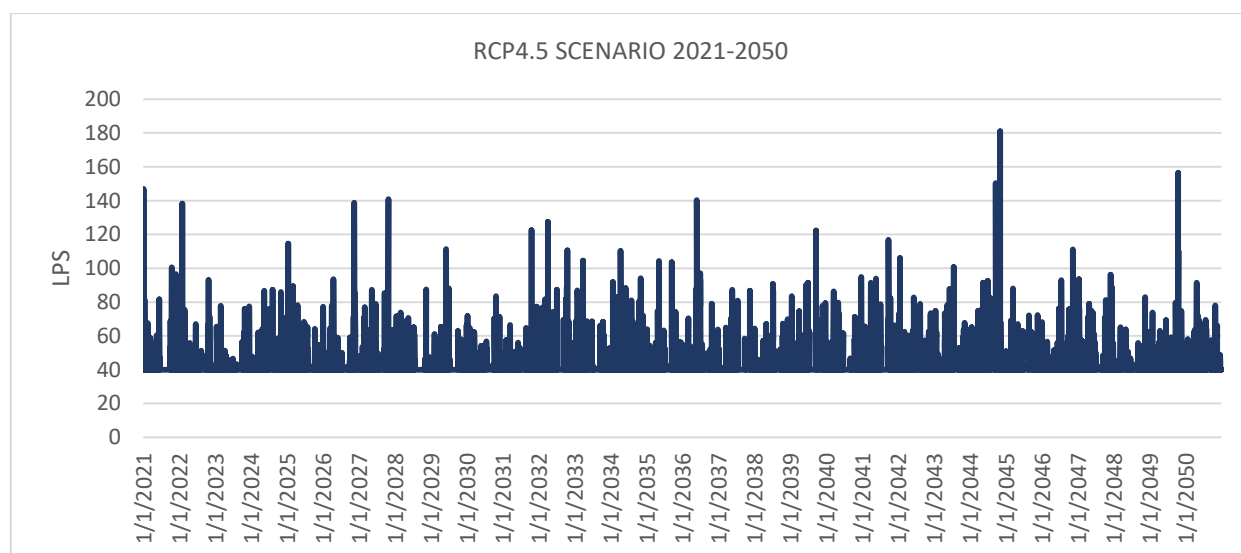
Η.18 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



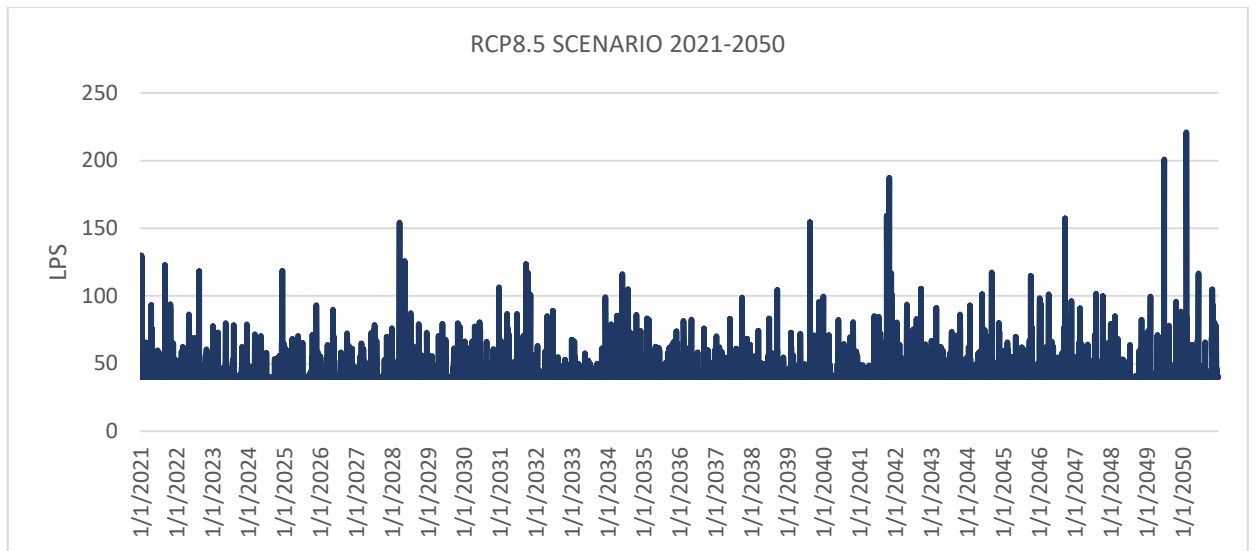
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



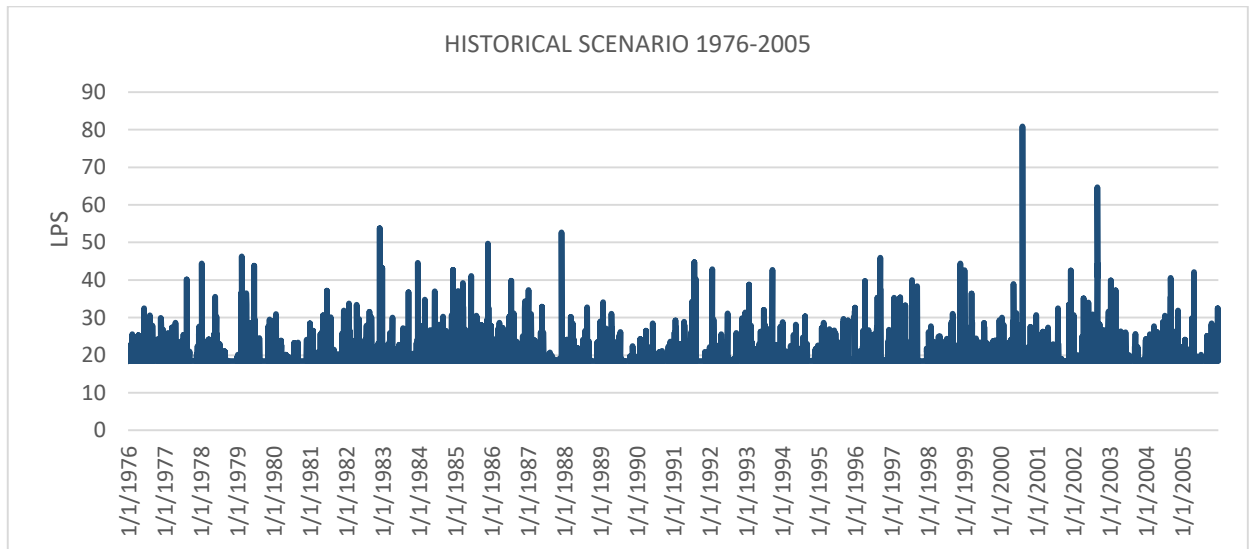
Η.19 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



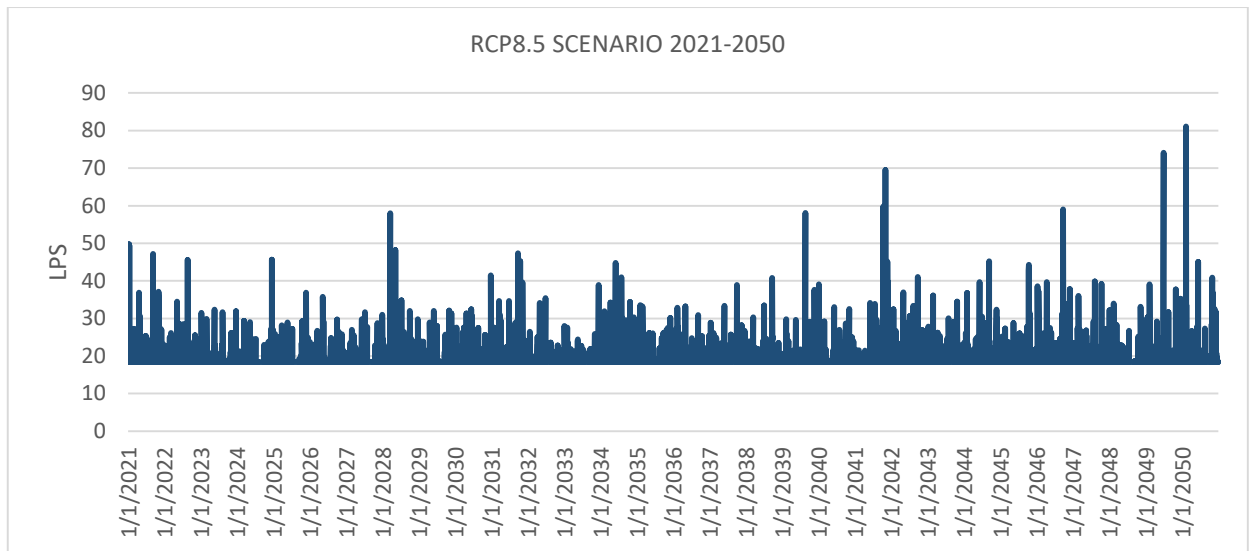
Η.20 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



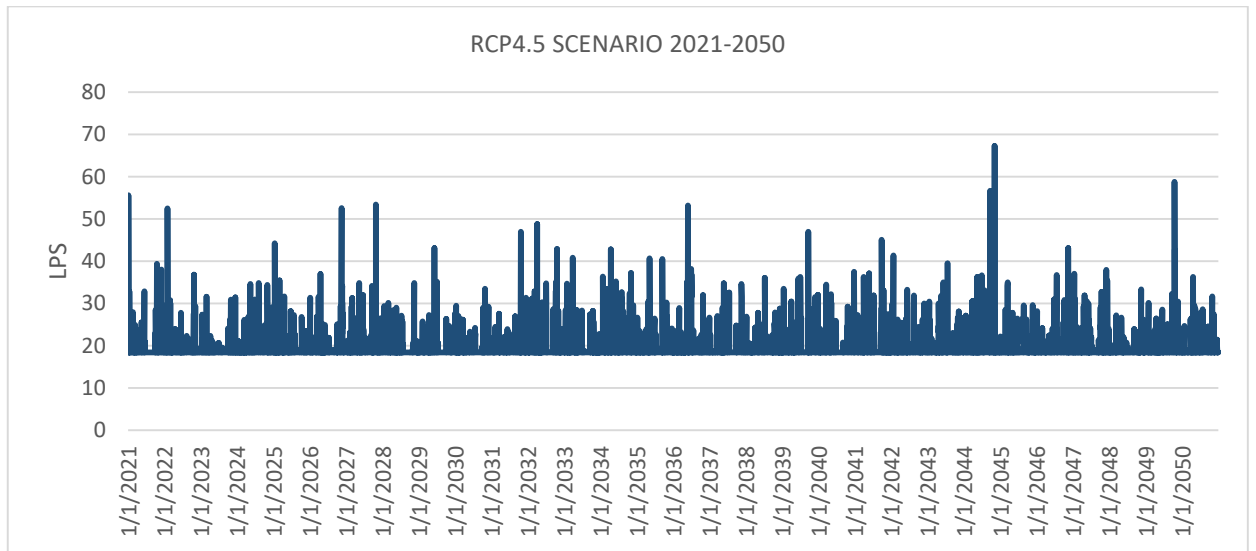
Η.21 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



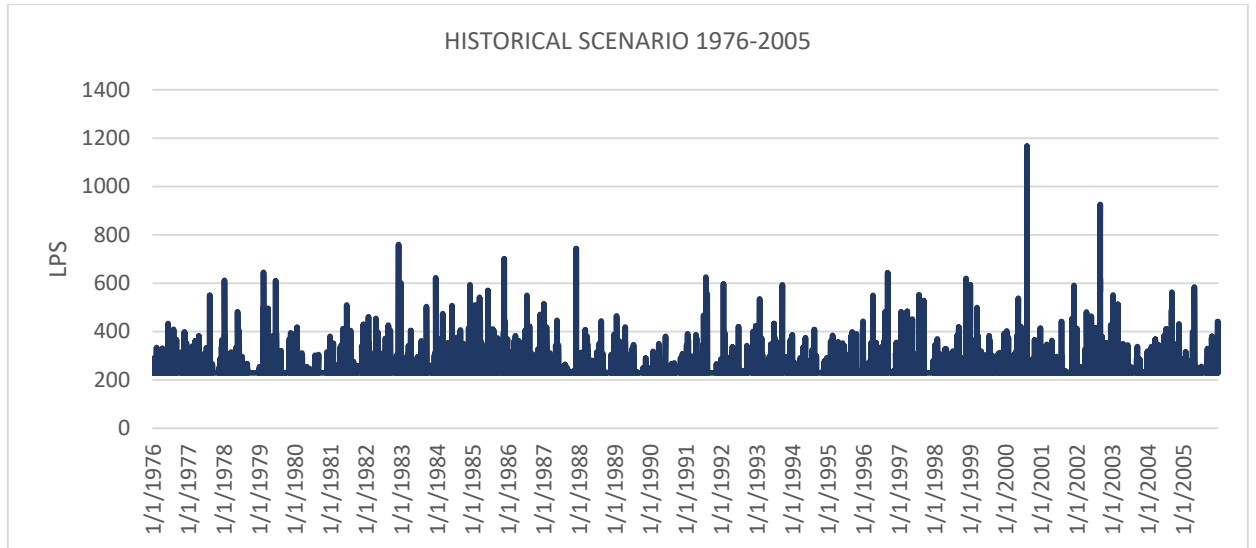
Η.22 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



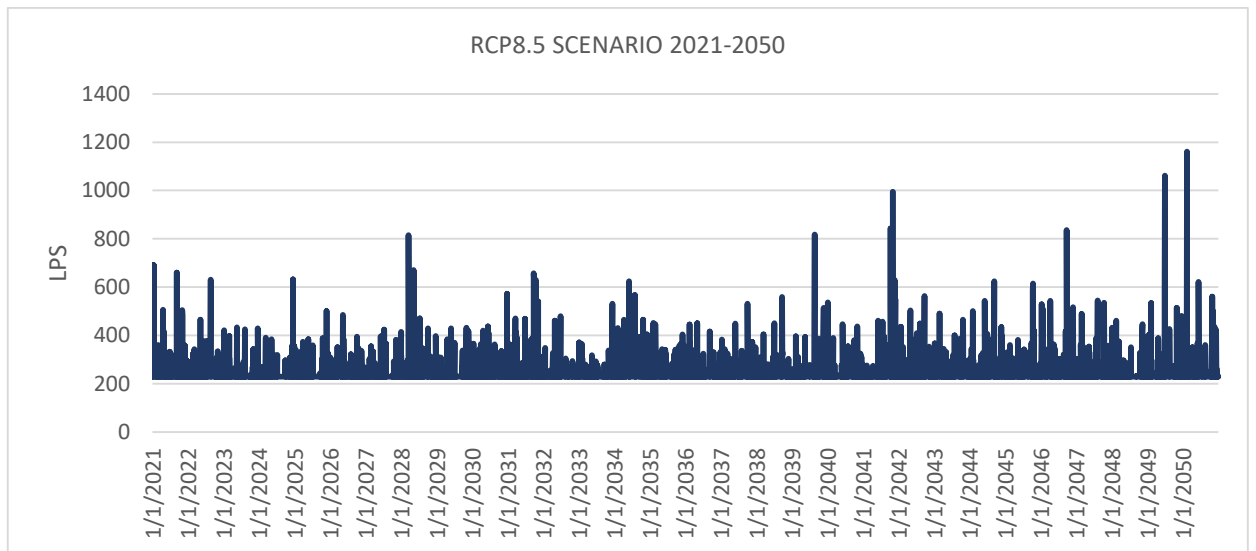
Η.23 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



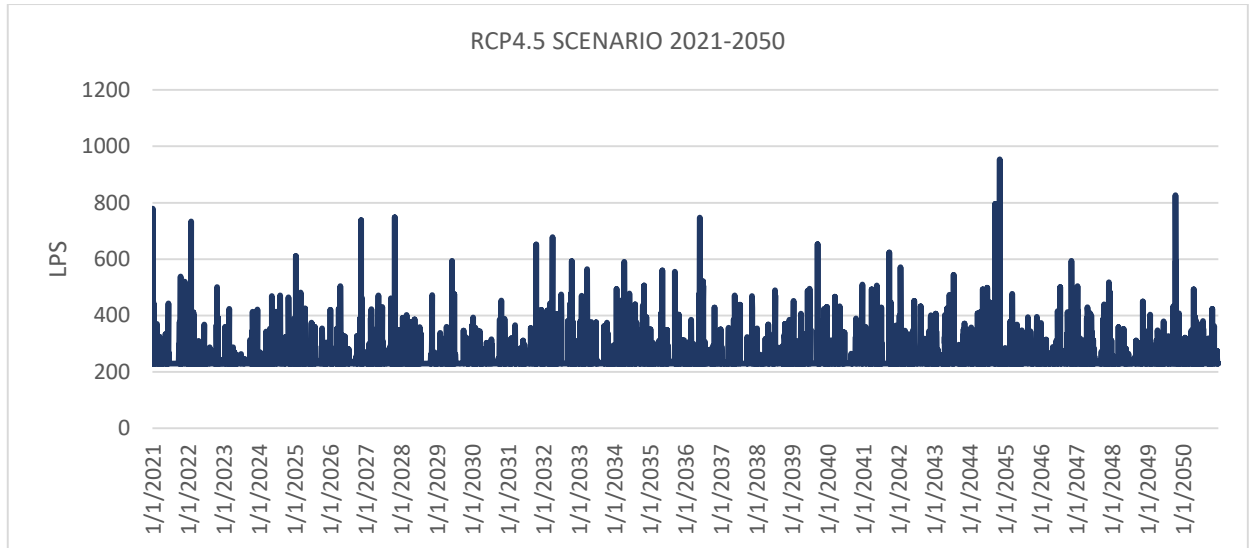
Η.24 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



Η.25 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



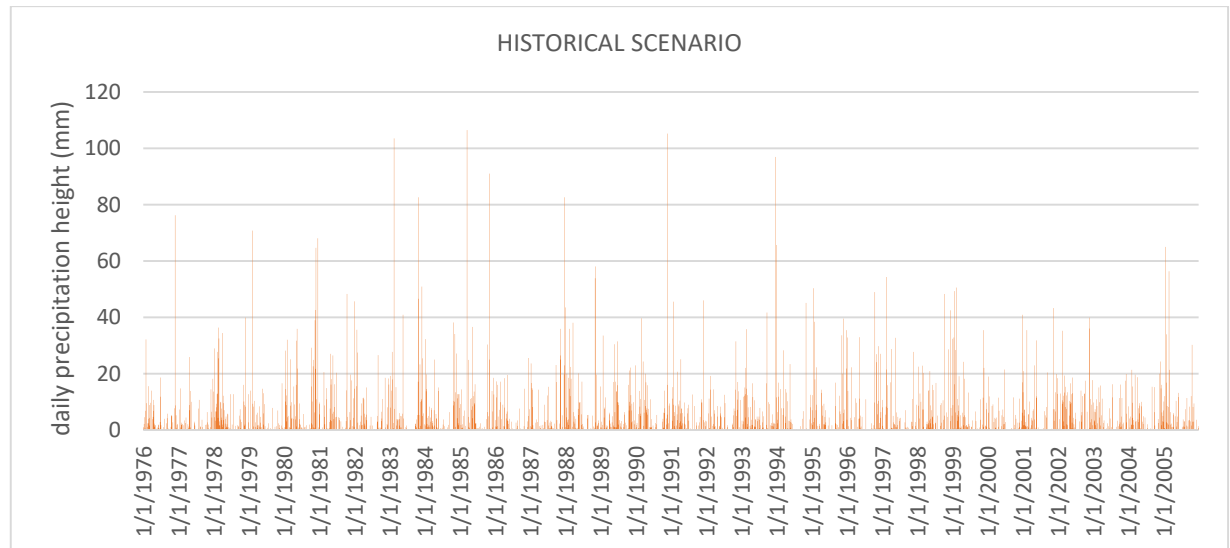
Η.26 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F



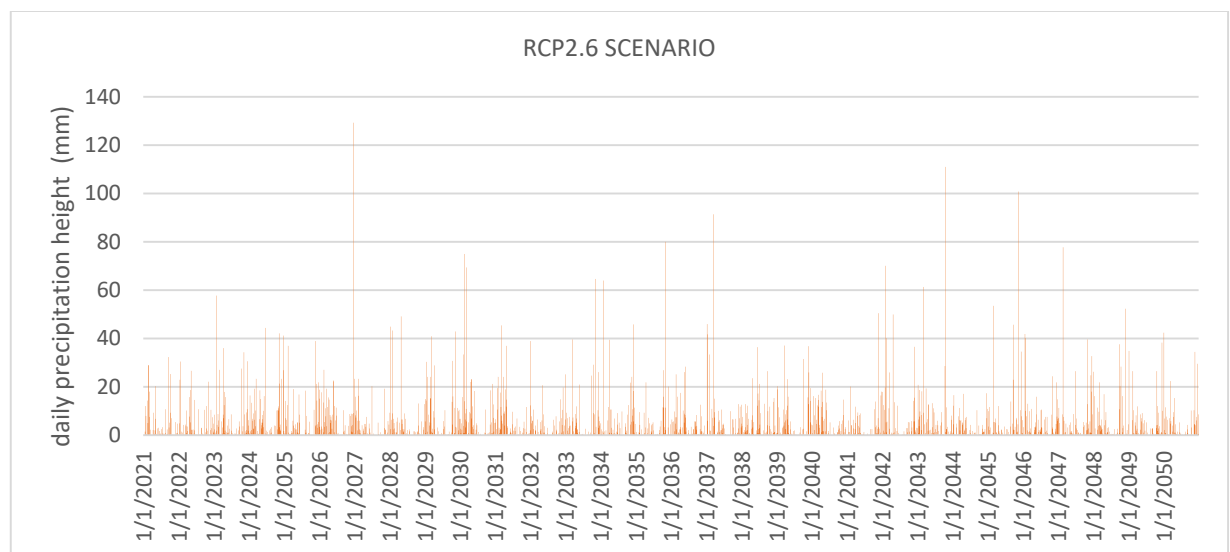
Η.27 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου IPSL-INERIS - WRF331F

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ *MPI-CSC-REMO2009* - *MPI-M-MPI-ESM-LR*

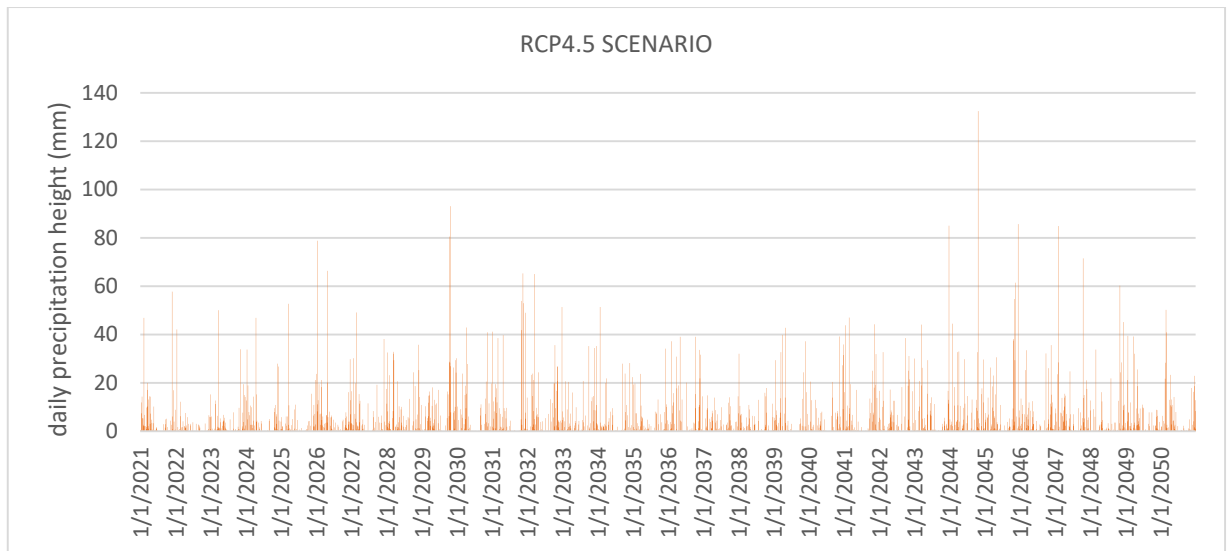
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



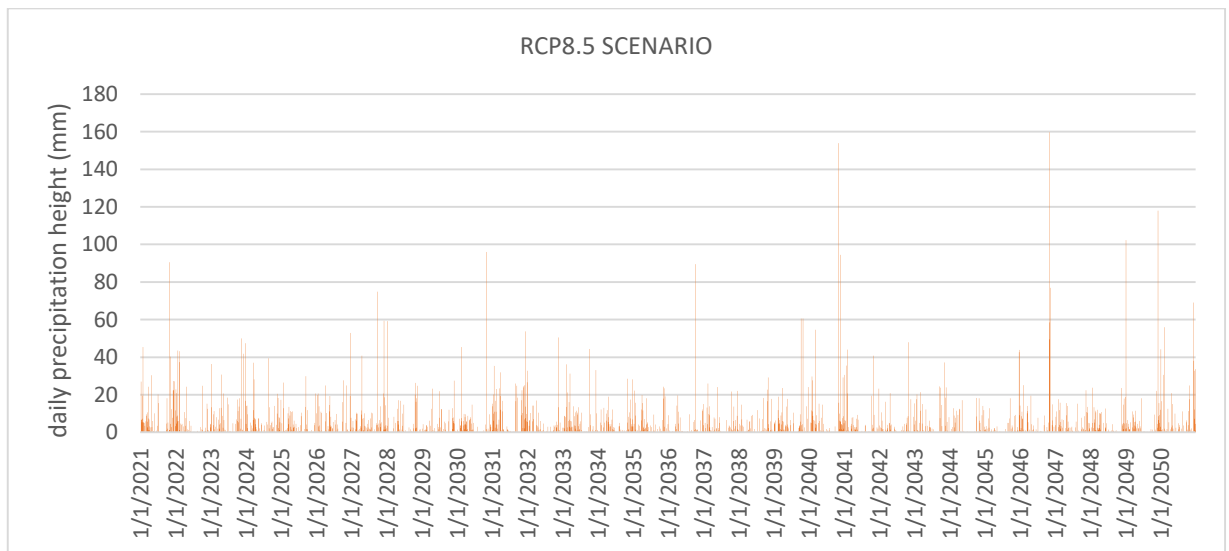
Θ.1 Ύψος βροχής για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου *MPI-CSC-REMO2009* - *MPI-M-MPI-ESM-LR*



Θ.2 Ύψος βροχής για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου *MPI-CSC-REMO2009* - *MPI-M-MPI-ESM-LR*

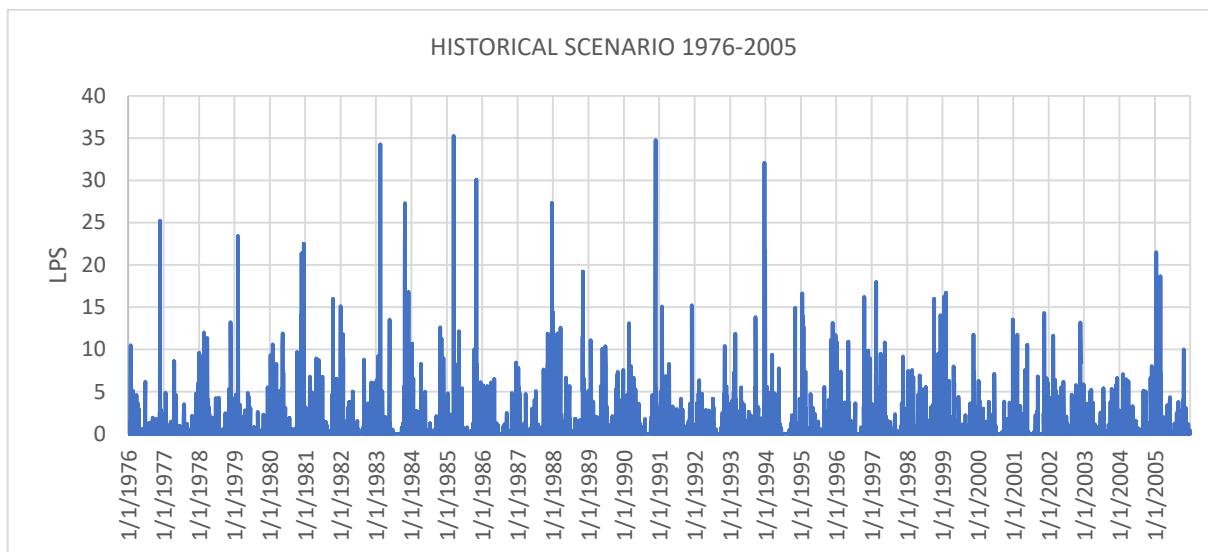


Θ.3 Ύψος βροχής για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

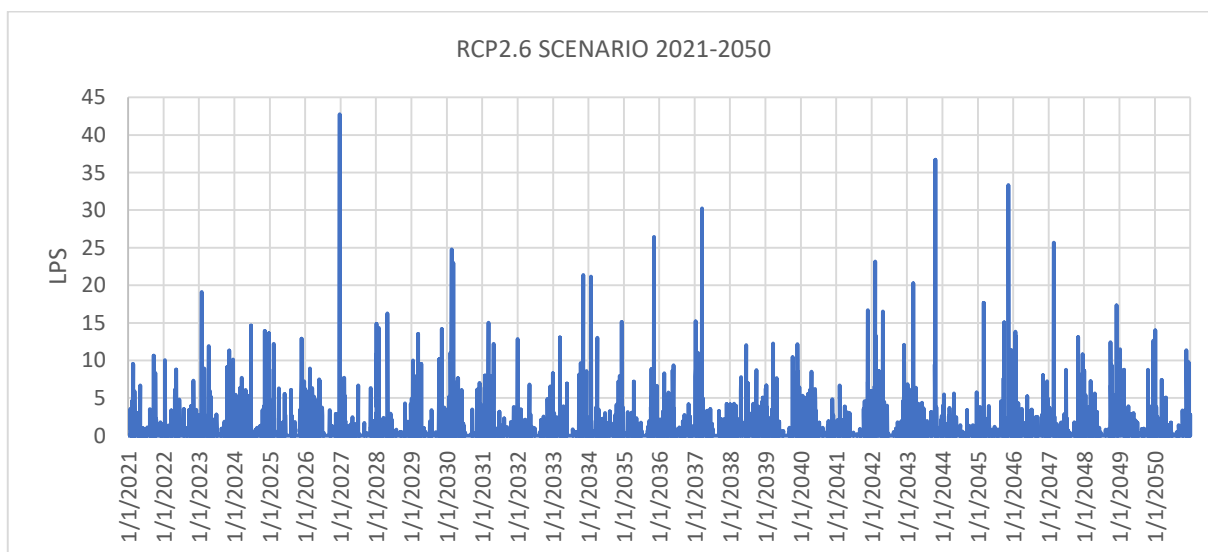


Θ.4 Ύψος βροχής για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

## ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

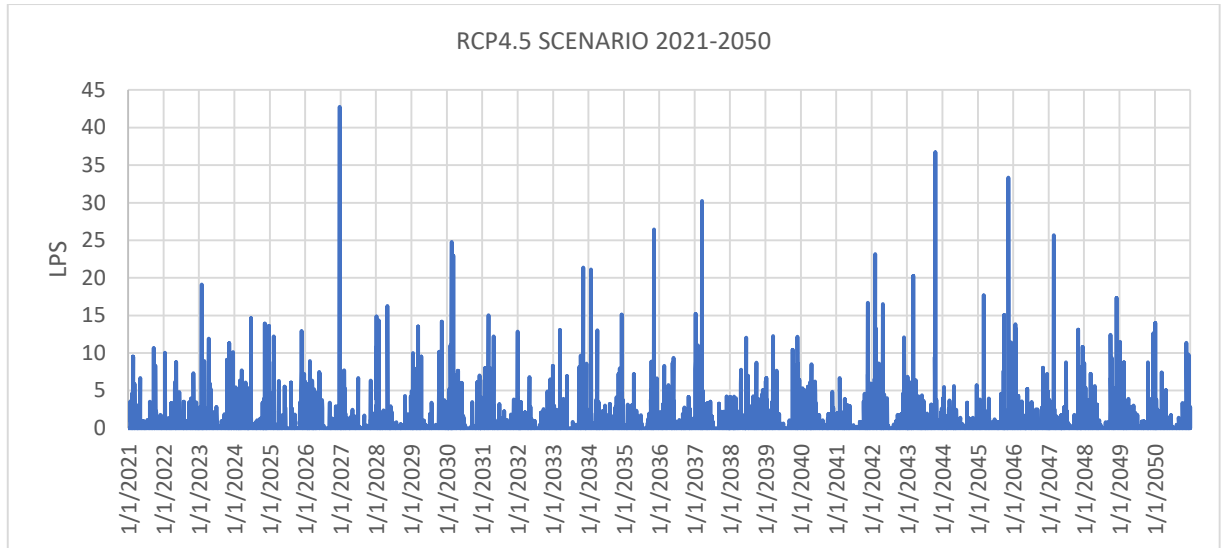


Θ.5 Απορροή υπολεκάνης 2 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

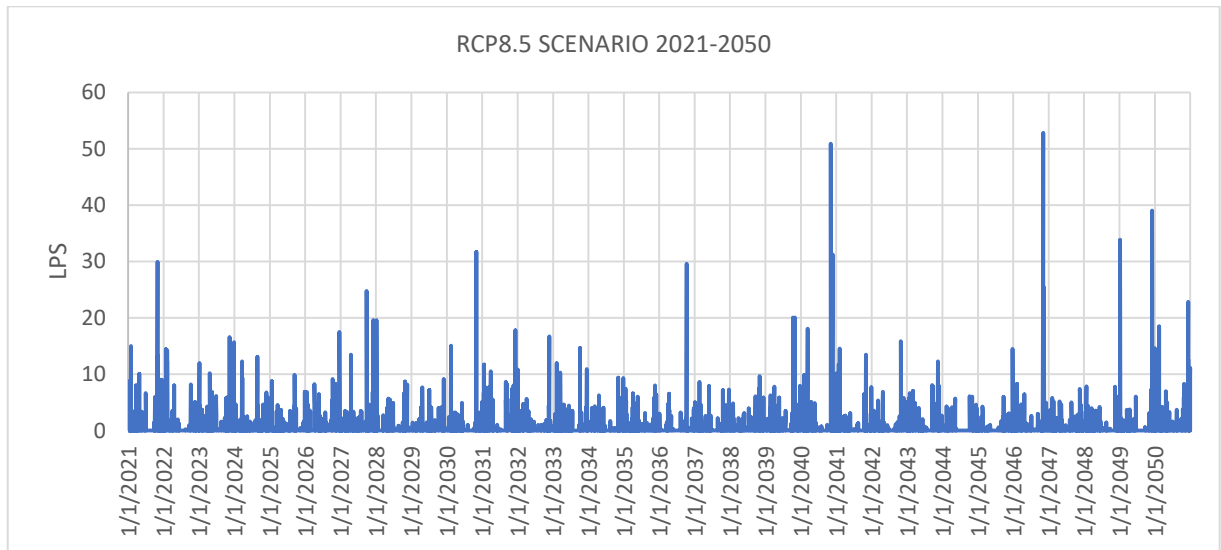


Θ.6 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

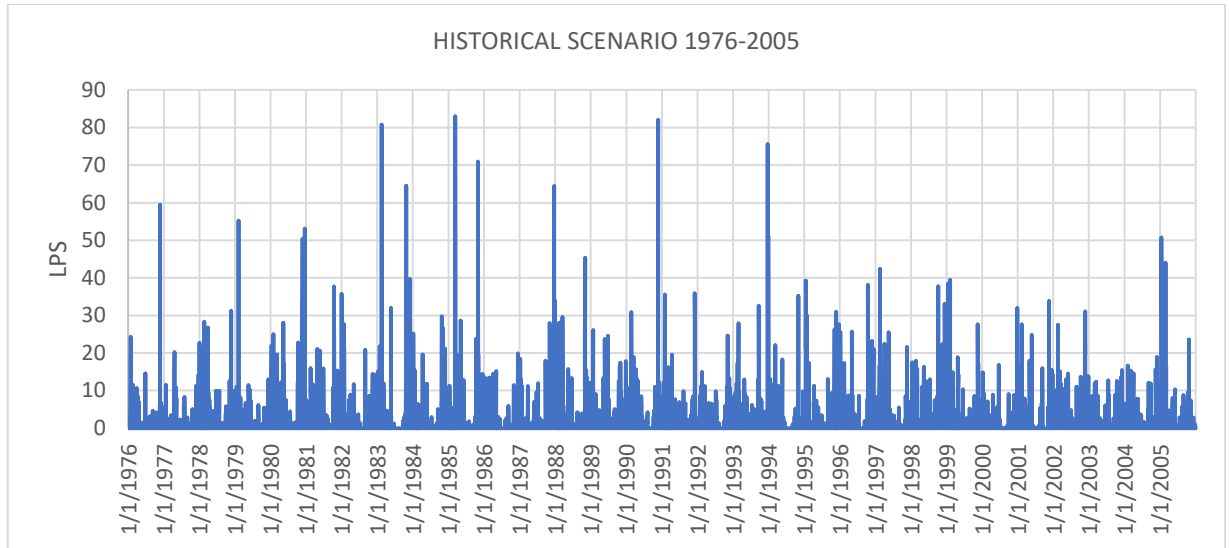




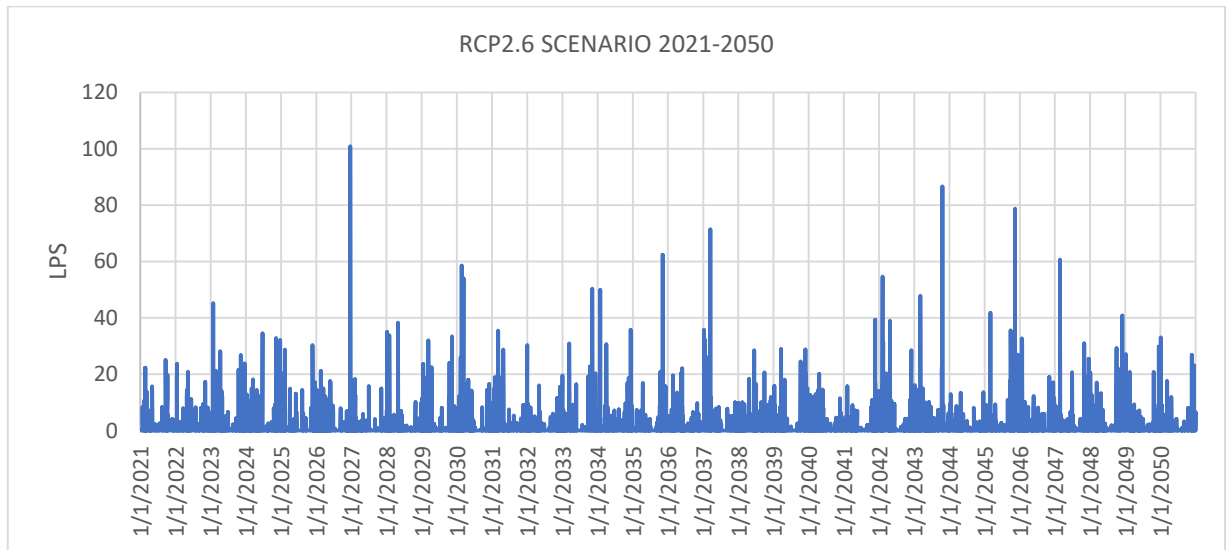
Θ.7 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



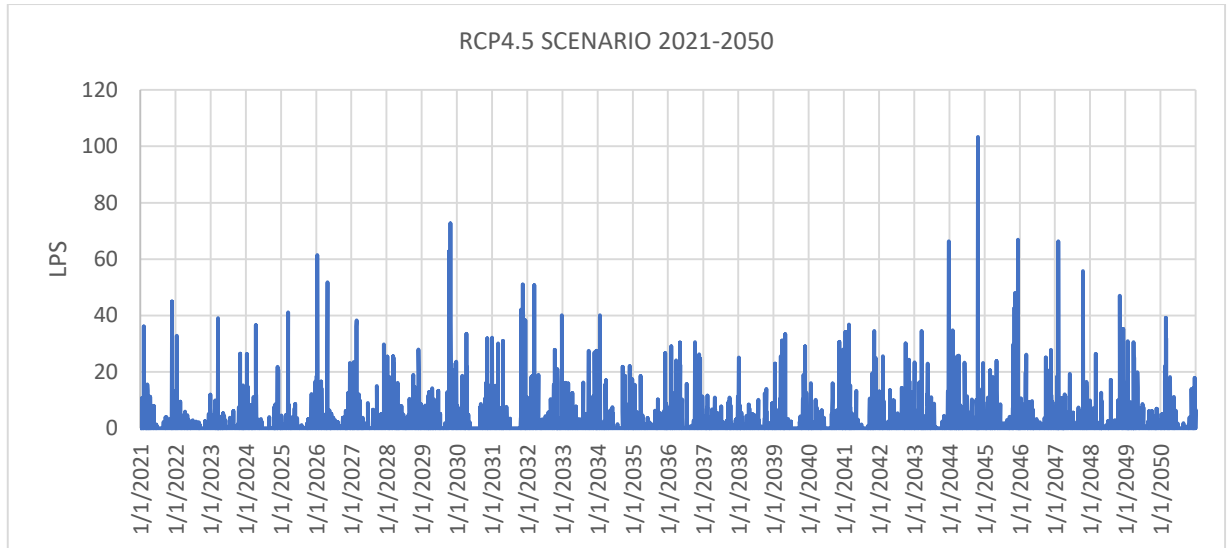
Θ.8 Απορροή υπολεκάνης 2 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



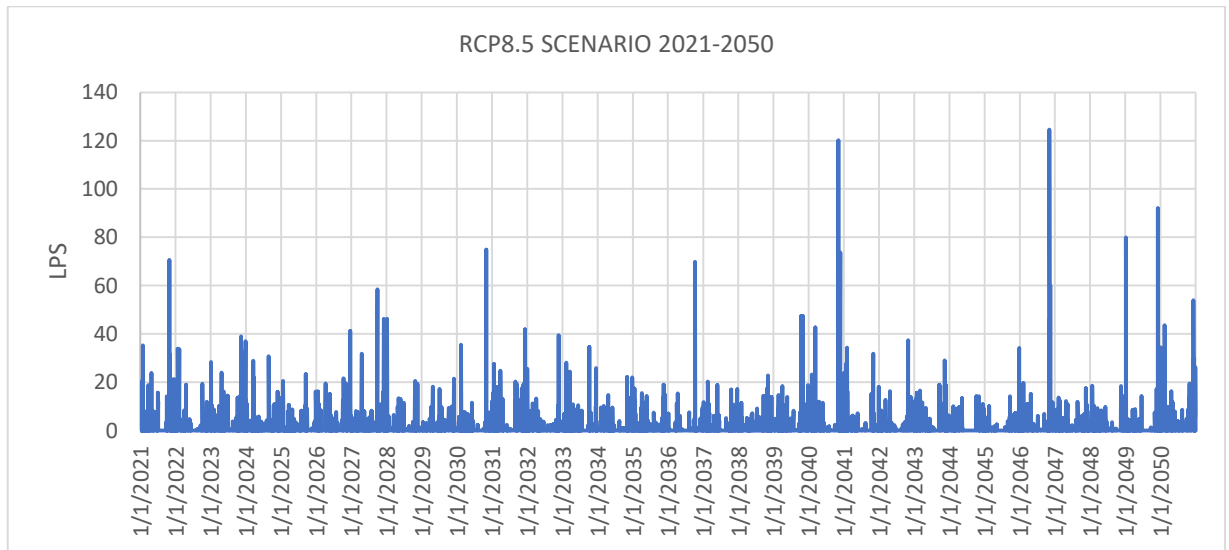
Θ.9 Απορροή υπολεκάνης 71 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



Θ.10 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

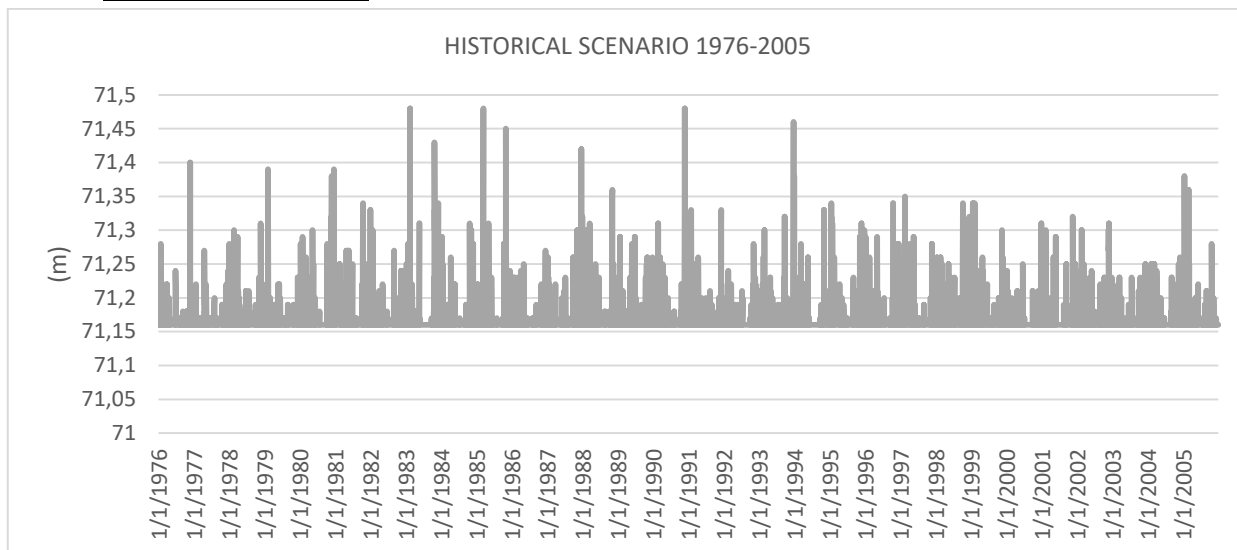


Θ.11 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

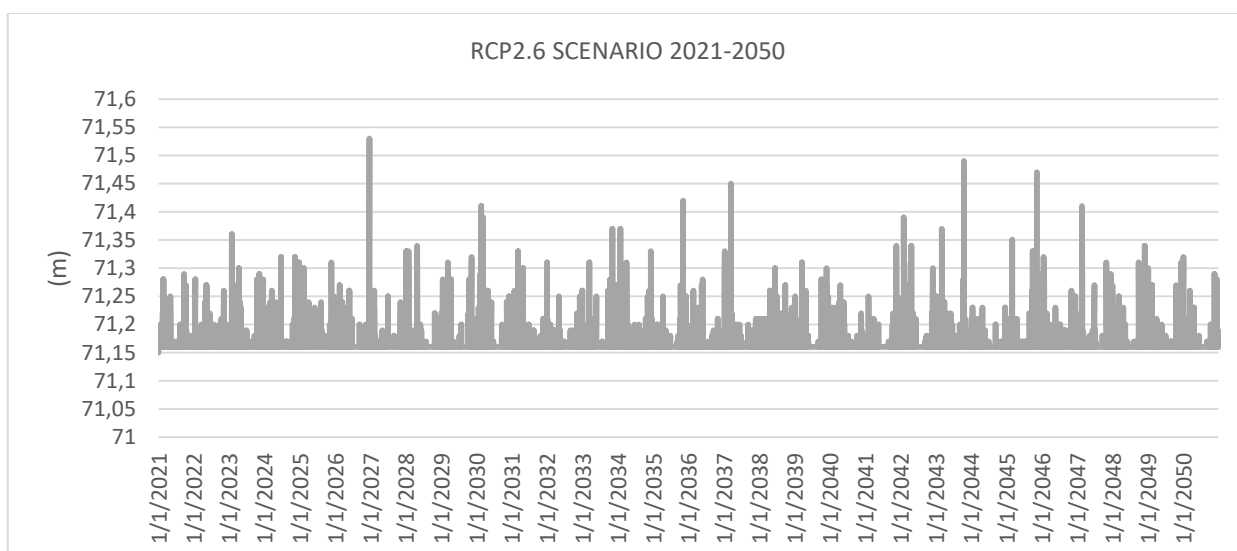


Θ.12 Απορροή υπολεκάνης 71 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

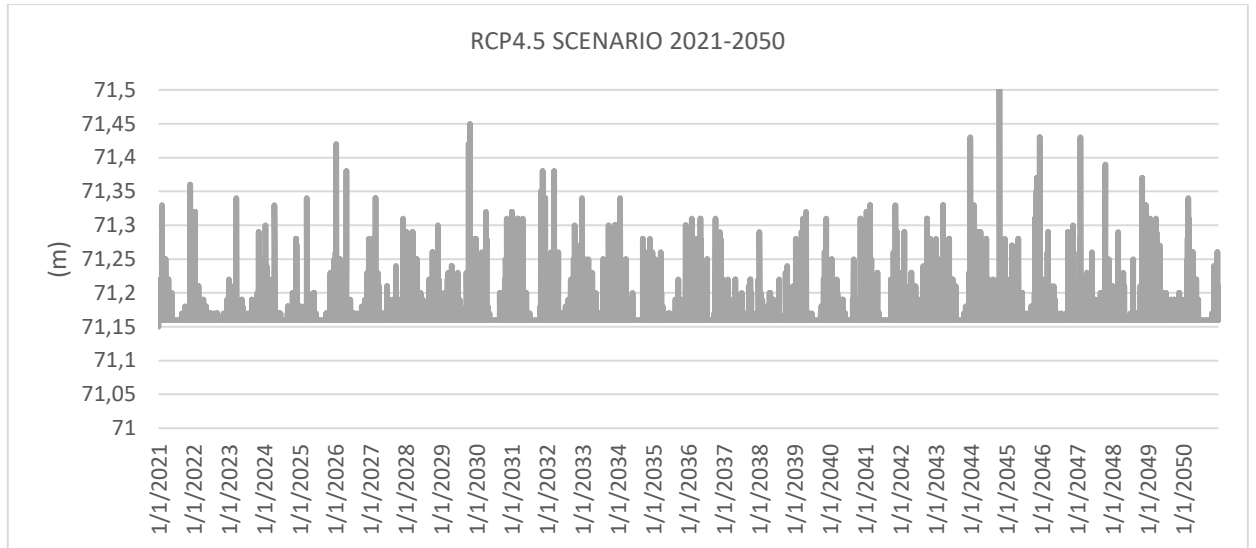
## 1. ΣΤΑΘΜΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ



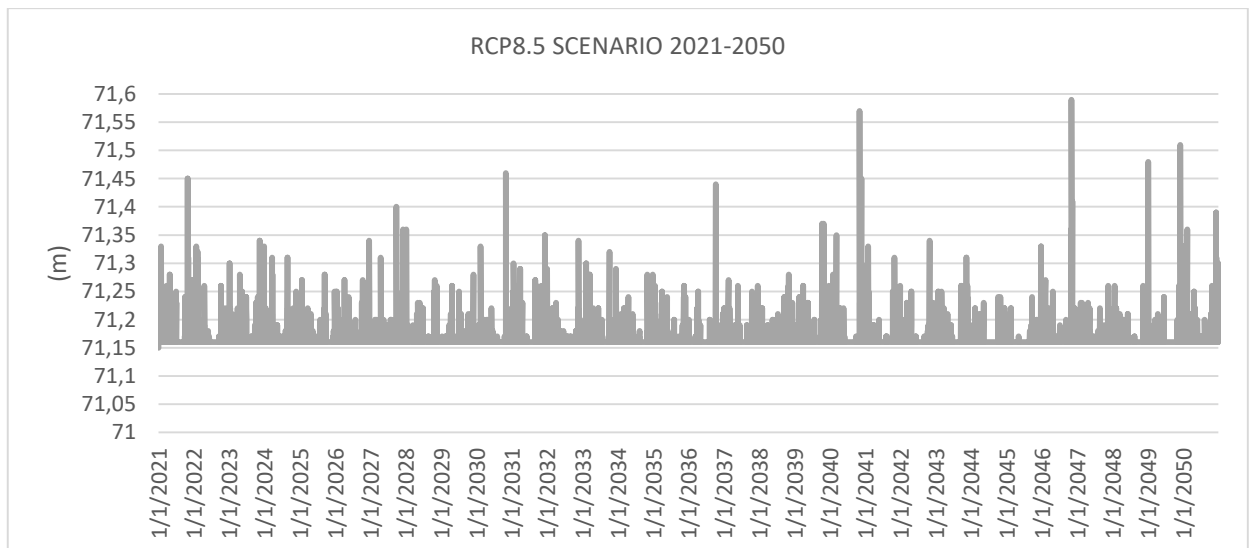
Θ.13 Στάθμη φρεατίου 108 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



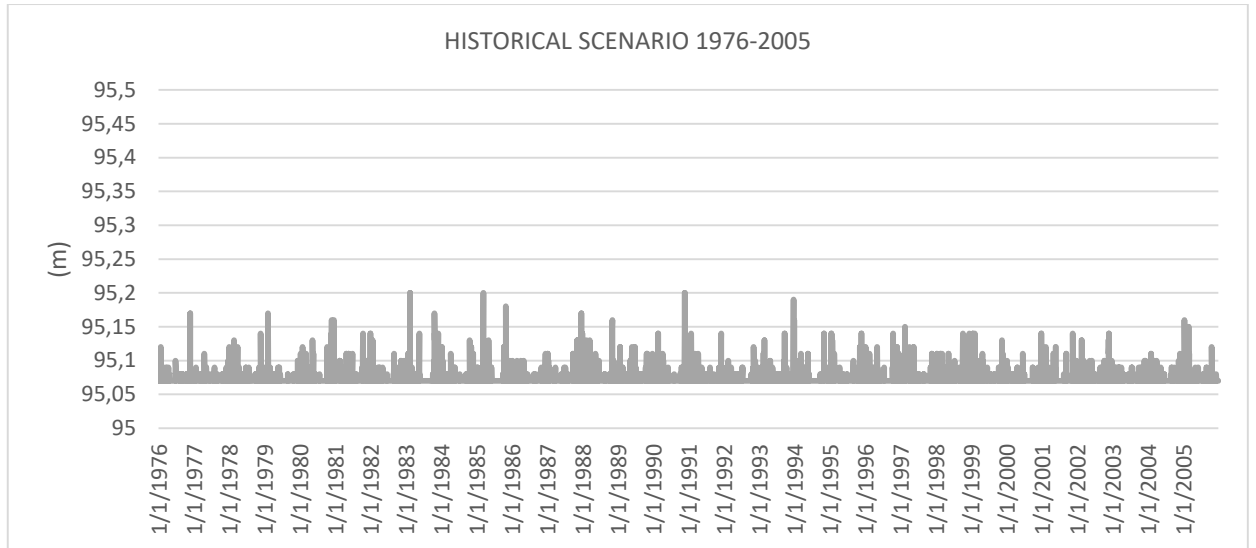
Θ.14 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



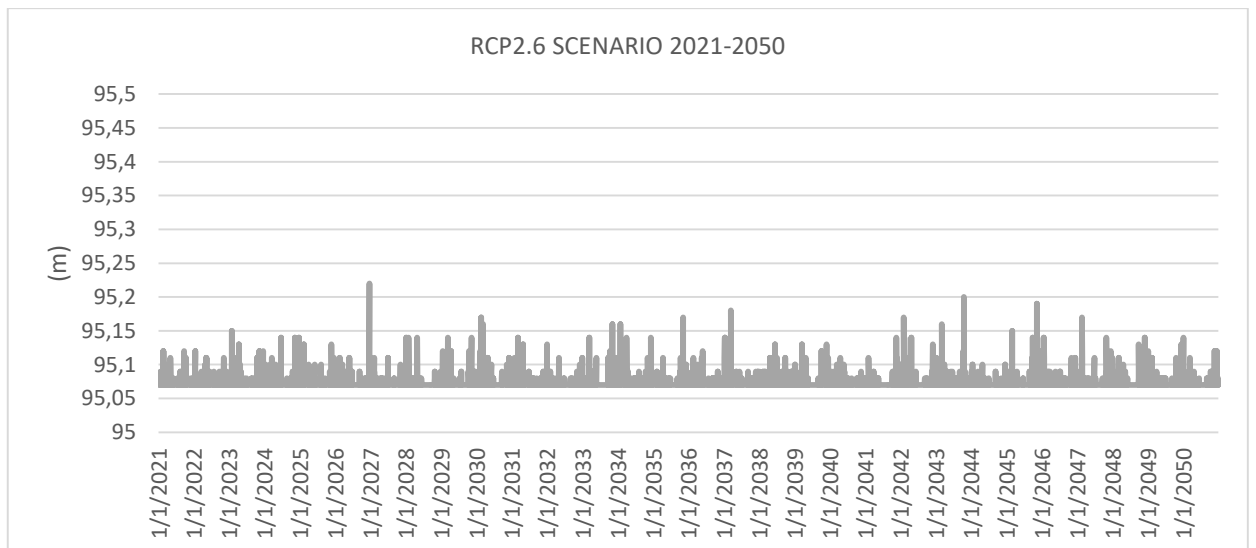
Θ.15 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



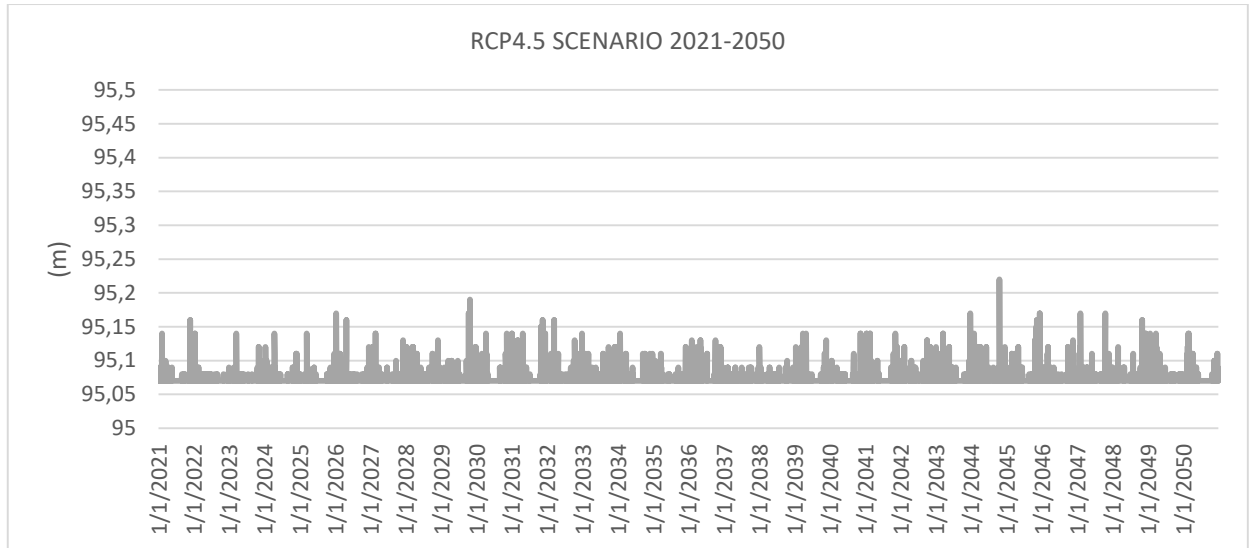
Θ.16 Στάθμη φρεατίου 108 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



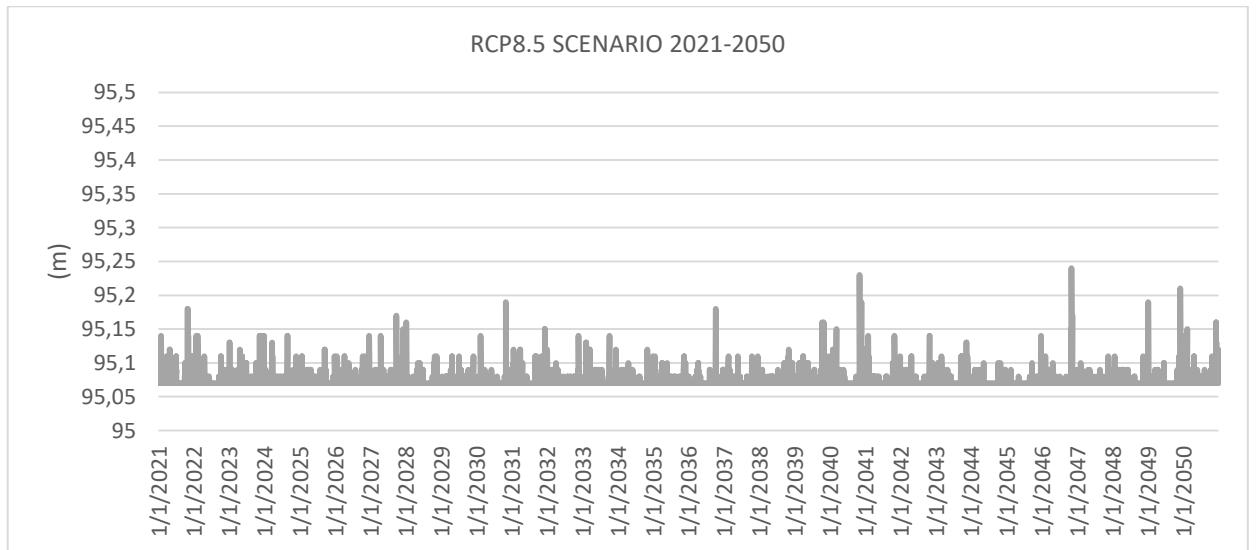
Θ.17 Στάθμη φρεατίου 11 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



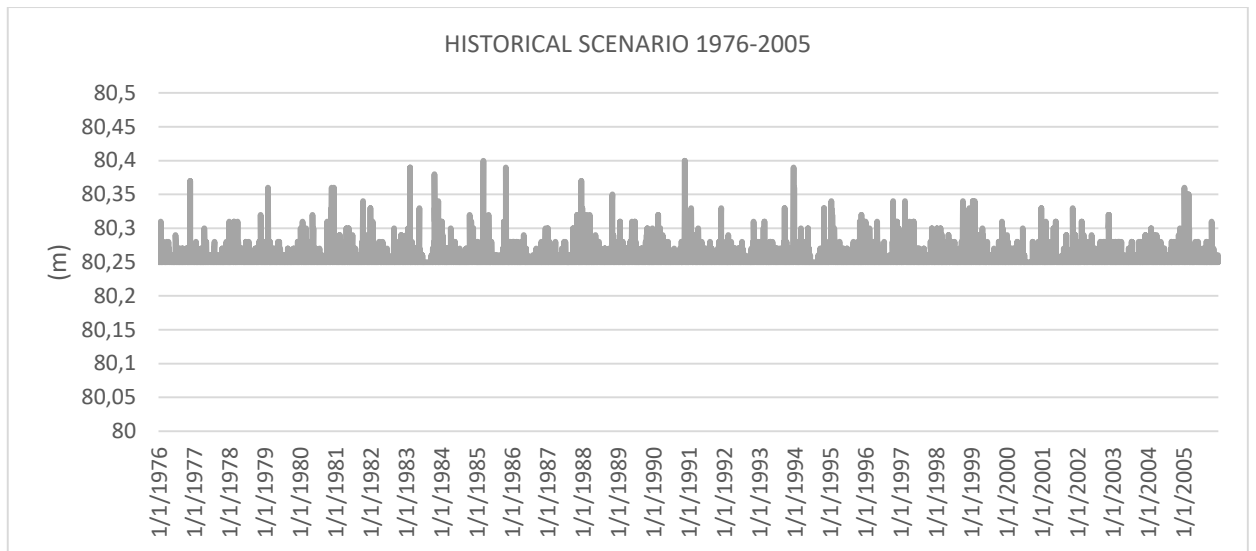
Θ.18 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



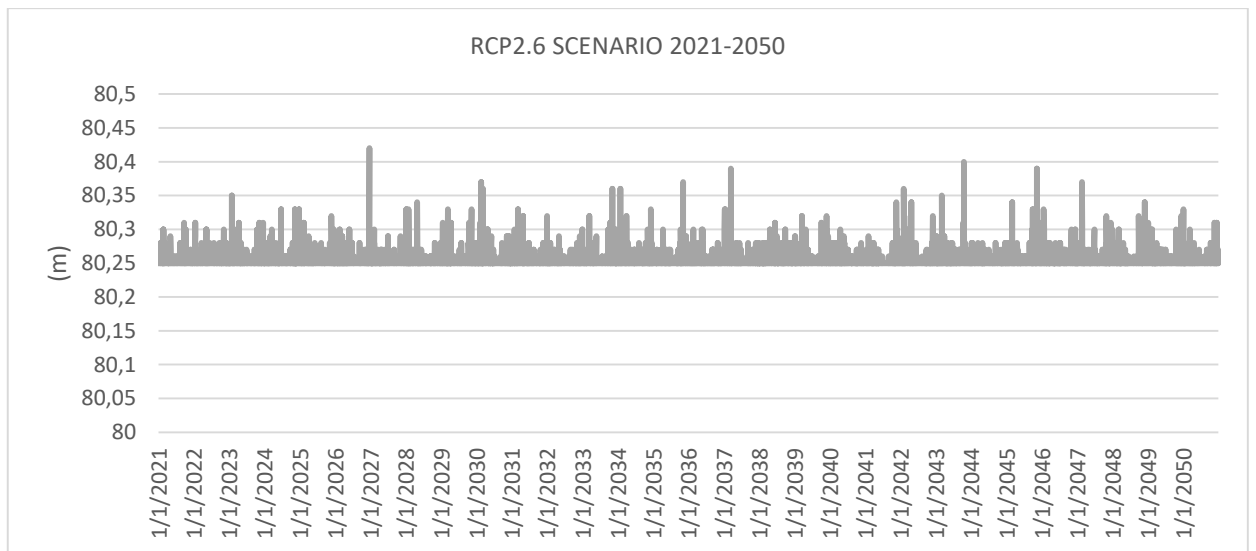
Θ.19 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



Θ.20 Στάθμη φρεατίου 11 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

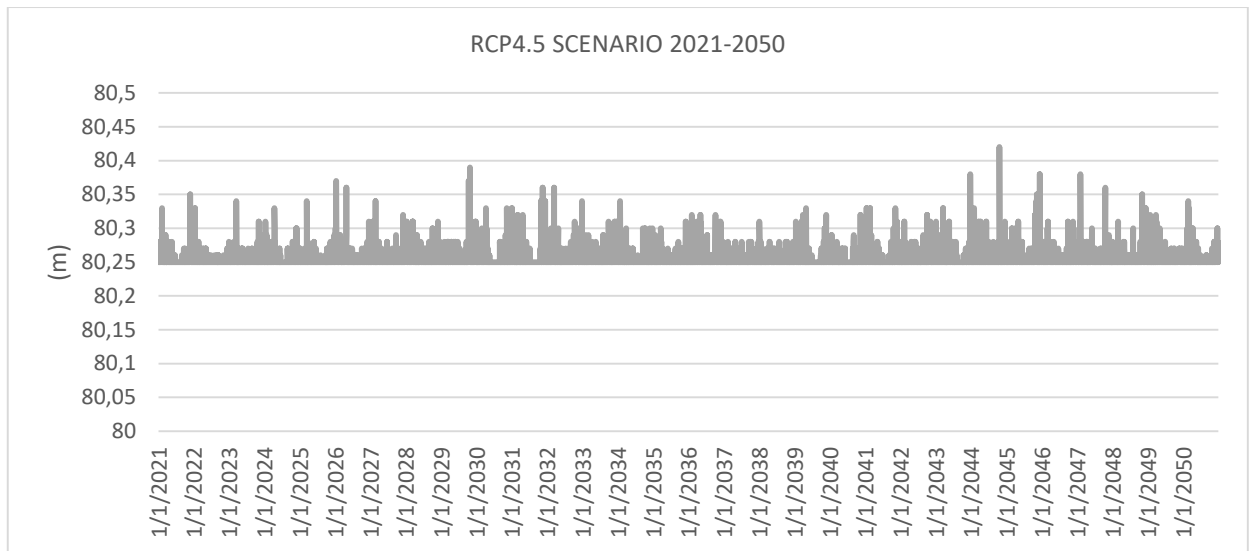


Θ.21 Στάθμη φρεατίου 56 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

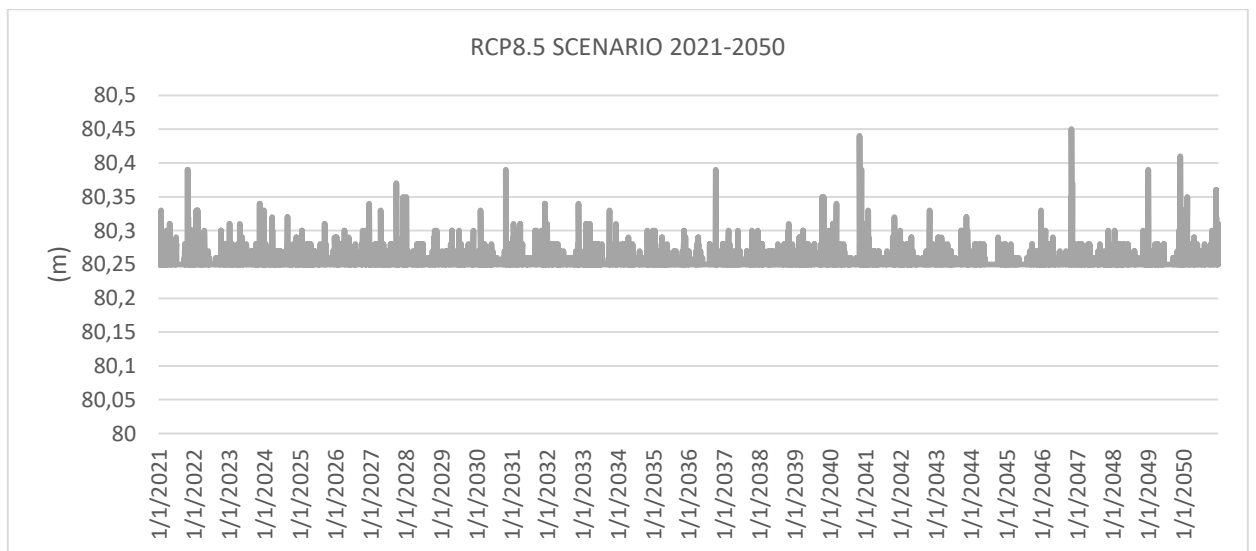


Θ.22 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



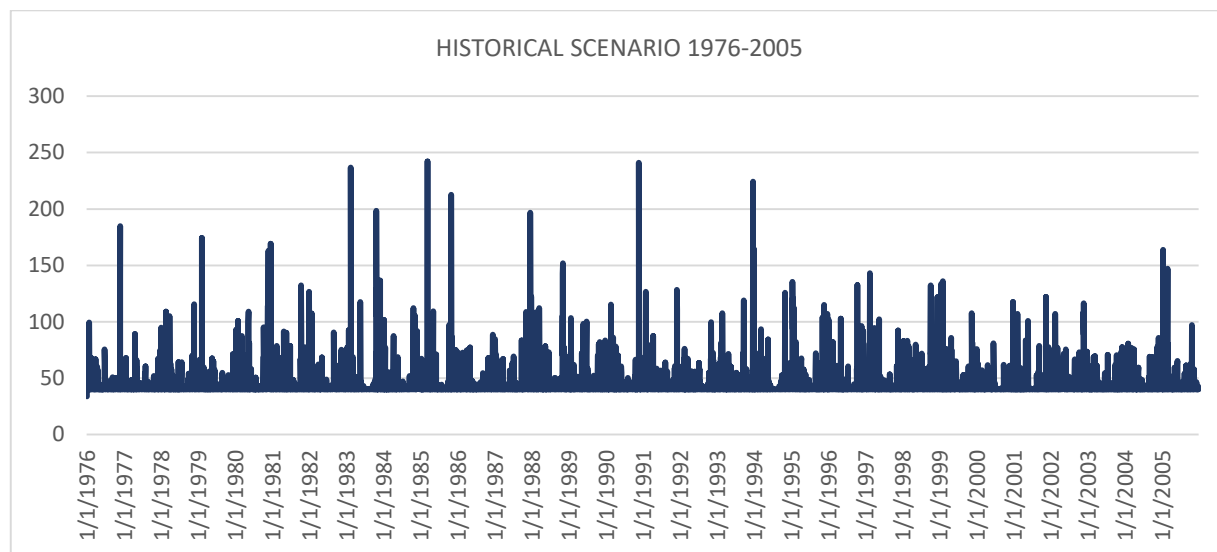


Θ.23 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

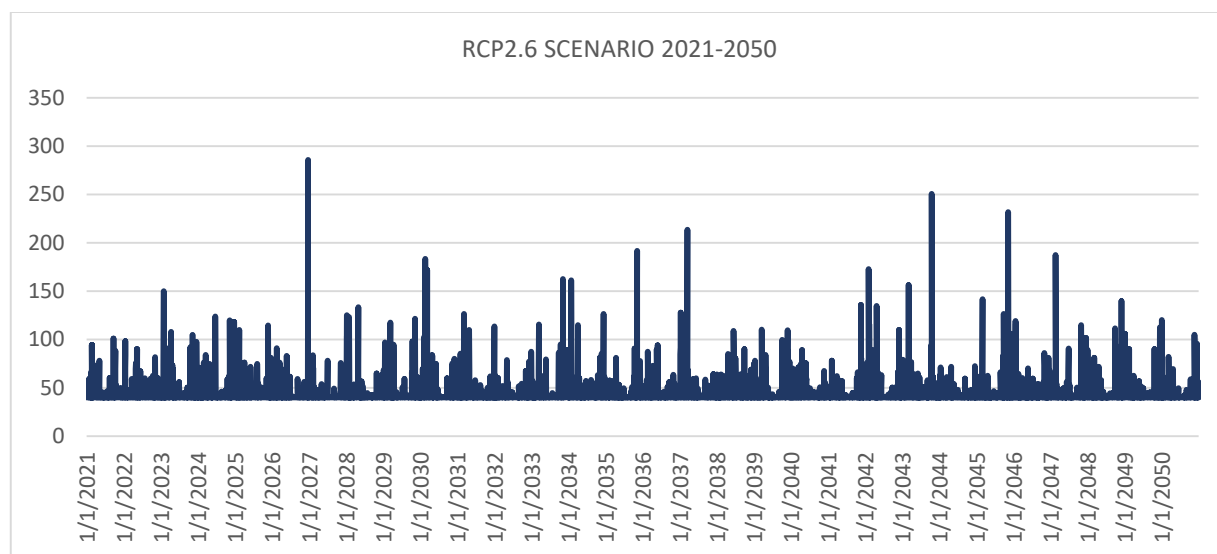


Θ.24 Στάθμη φρεατίου 56 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR

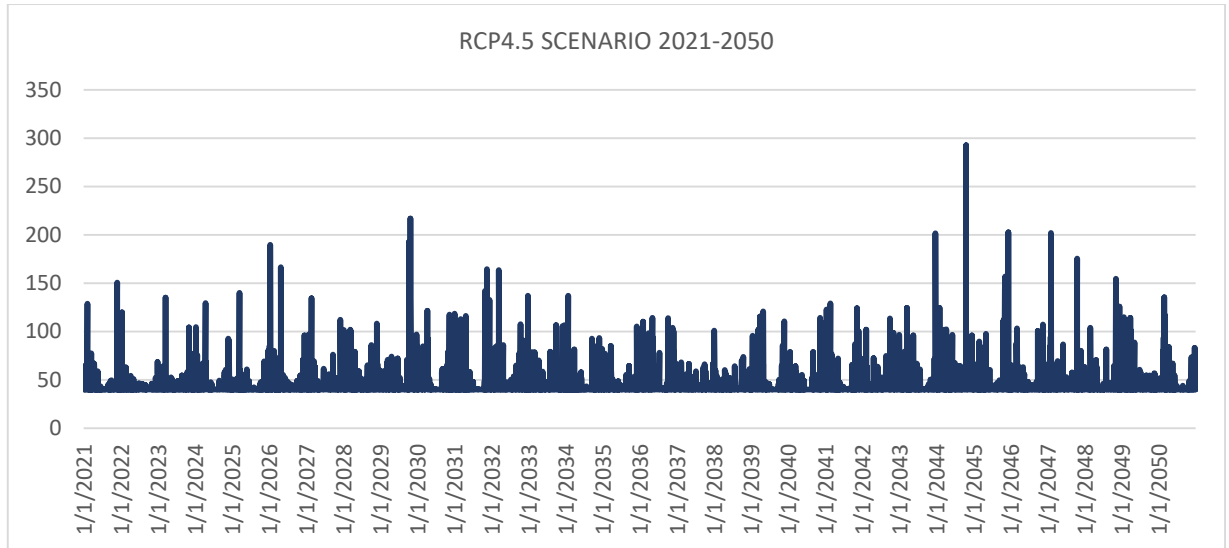
## ΠΑΡΟΧΗ ΑΓΩΓΩΝ



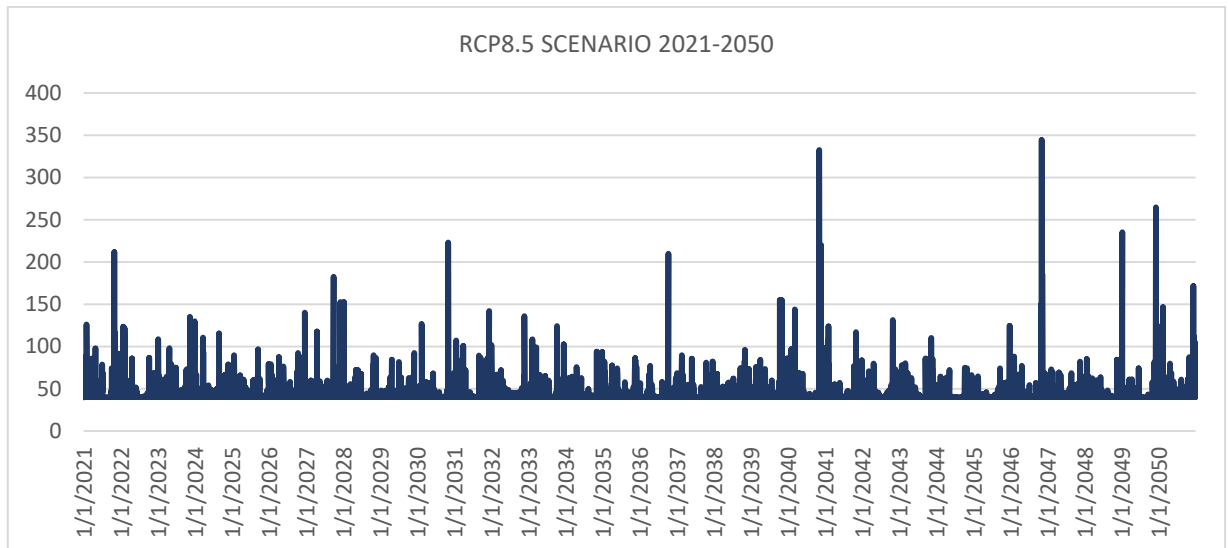
Θ.25 Παροχή αγωγού 8 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



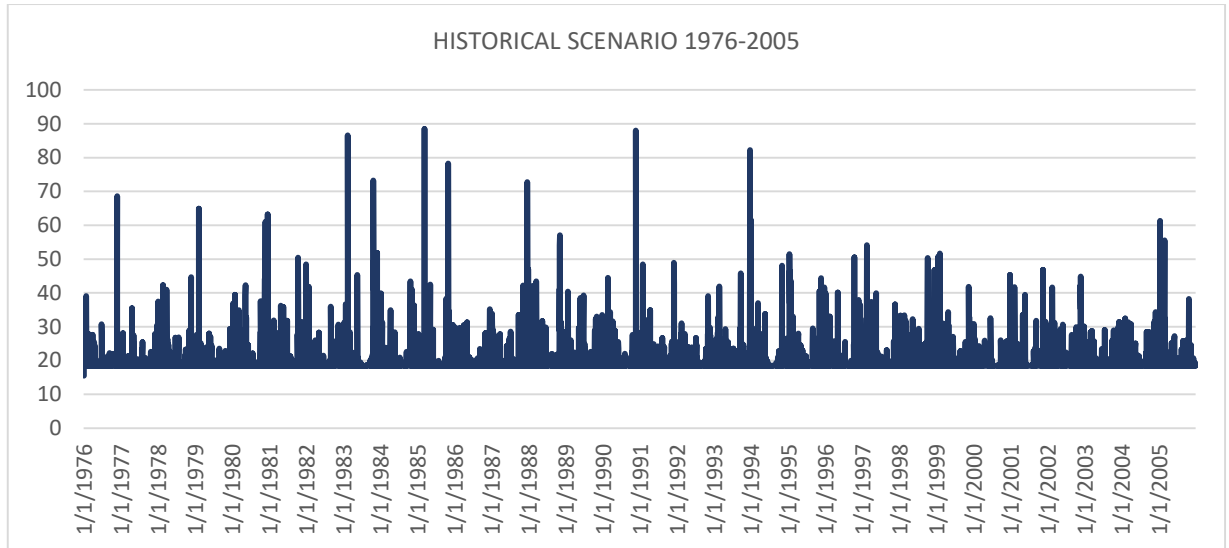
Θ.26 Παροχή αγωγού 8 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



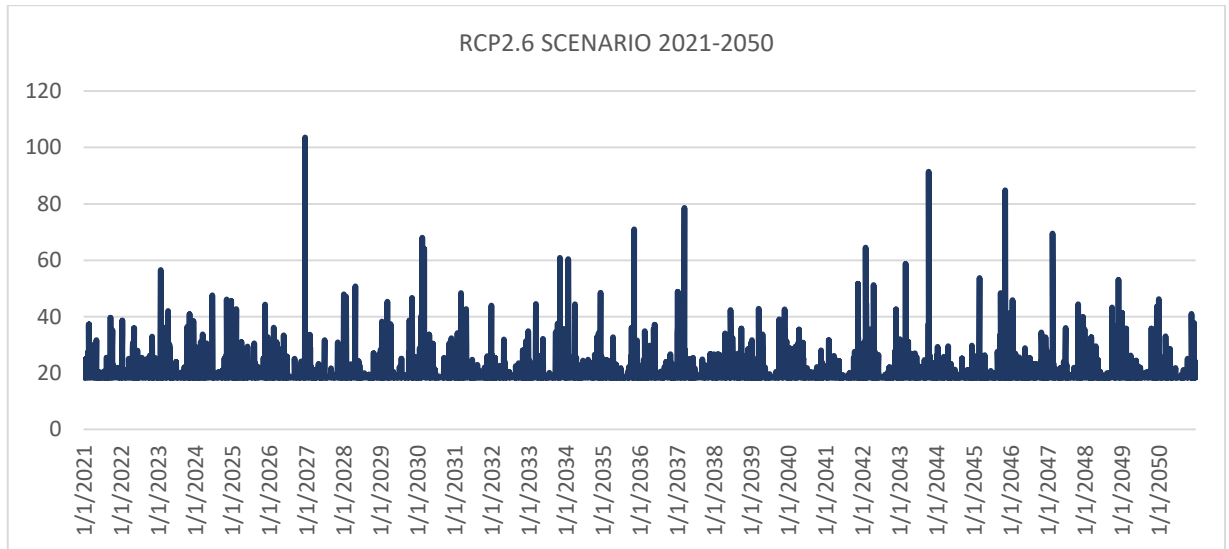
Θ.27 Παροχή αγωγού 8 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



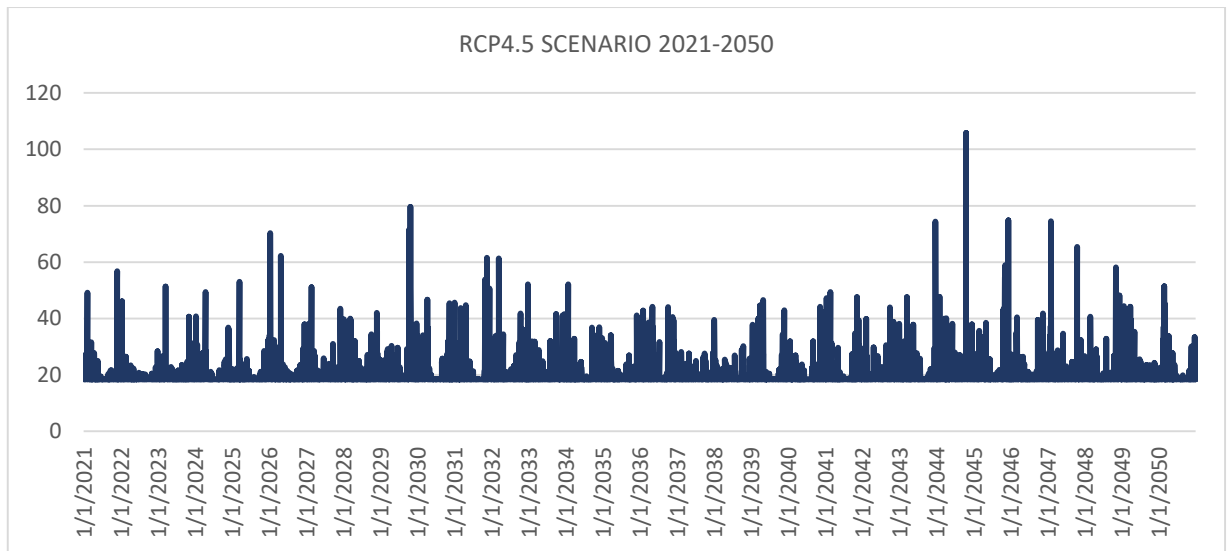
Θ.28 Παροχή αγωγού 8 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



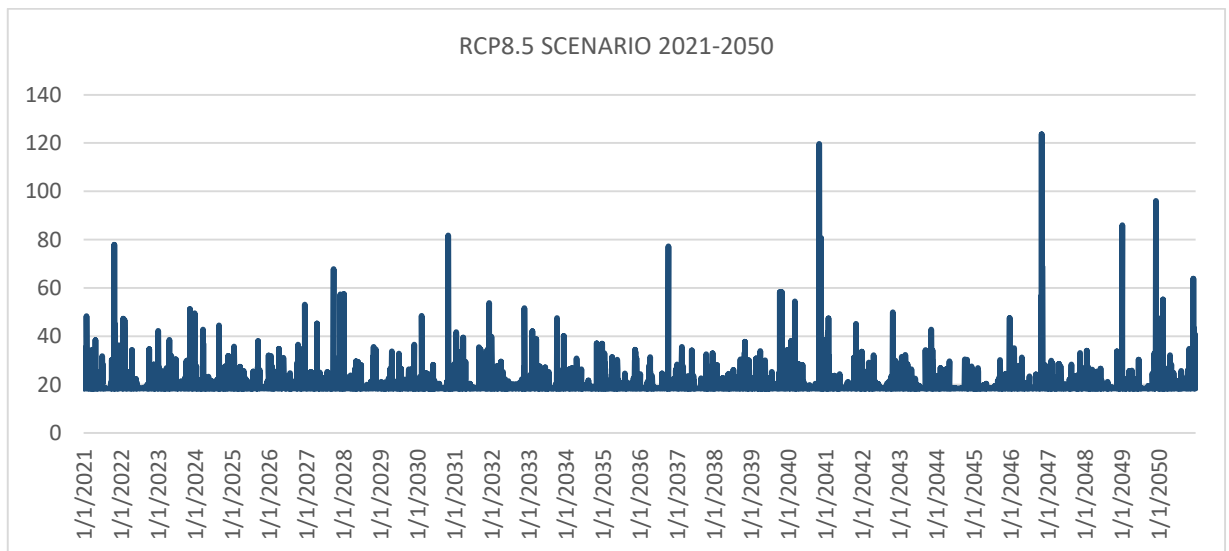
Θ.29 Παροχή αγωγού 76 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



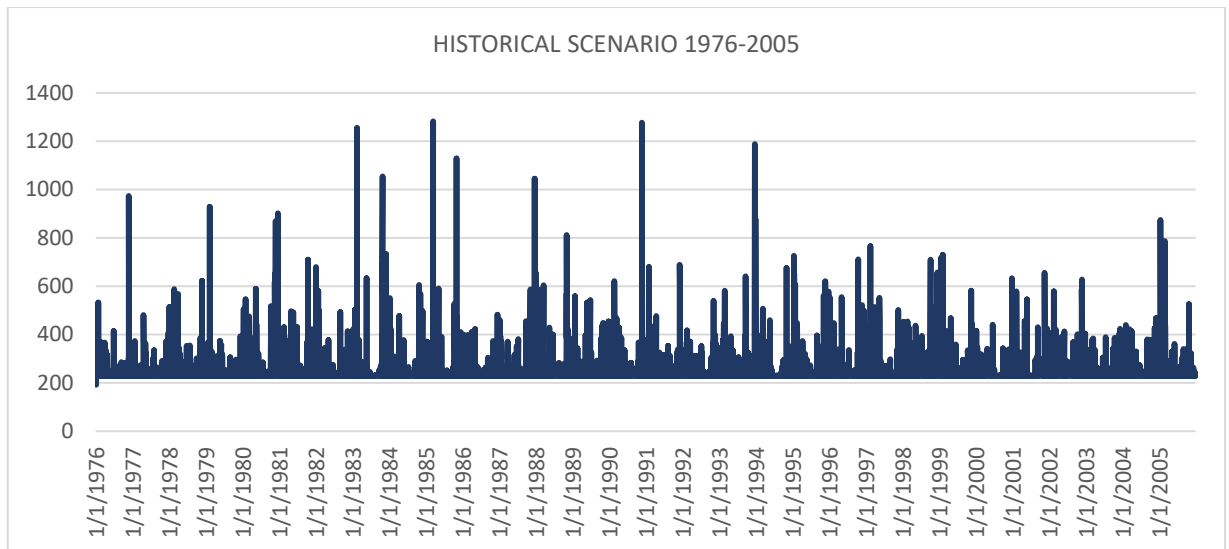
Θ.30 Παροχή αγωγού 76 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



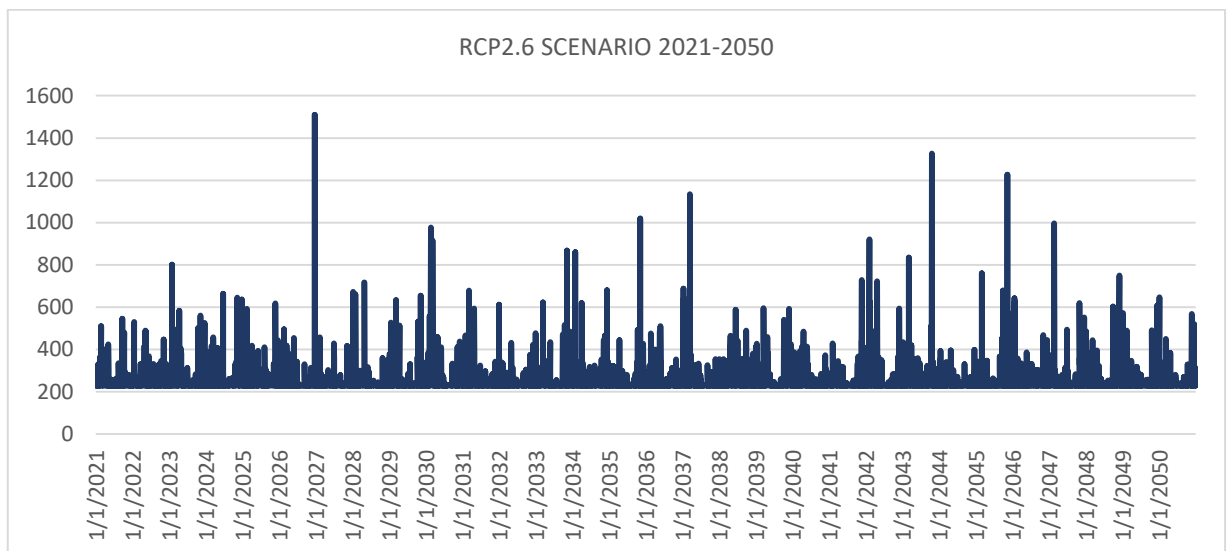
Θ.32 Παροχή αγωγού 76 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



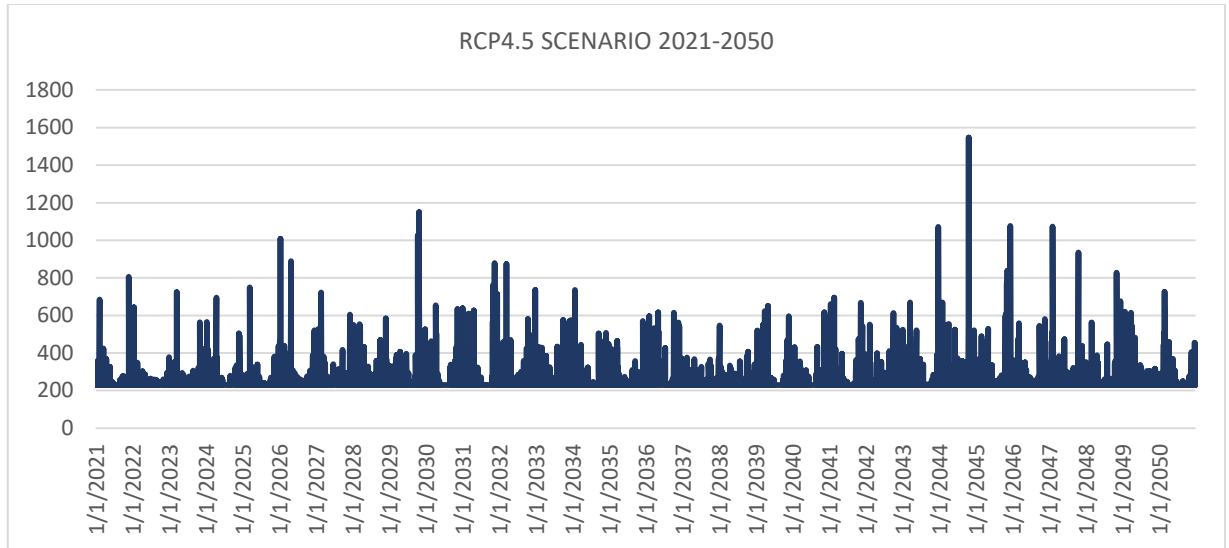
Θ.33 Παροχή αγωγού 76 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



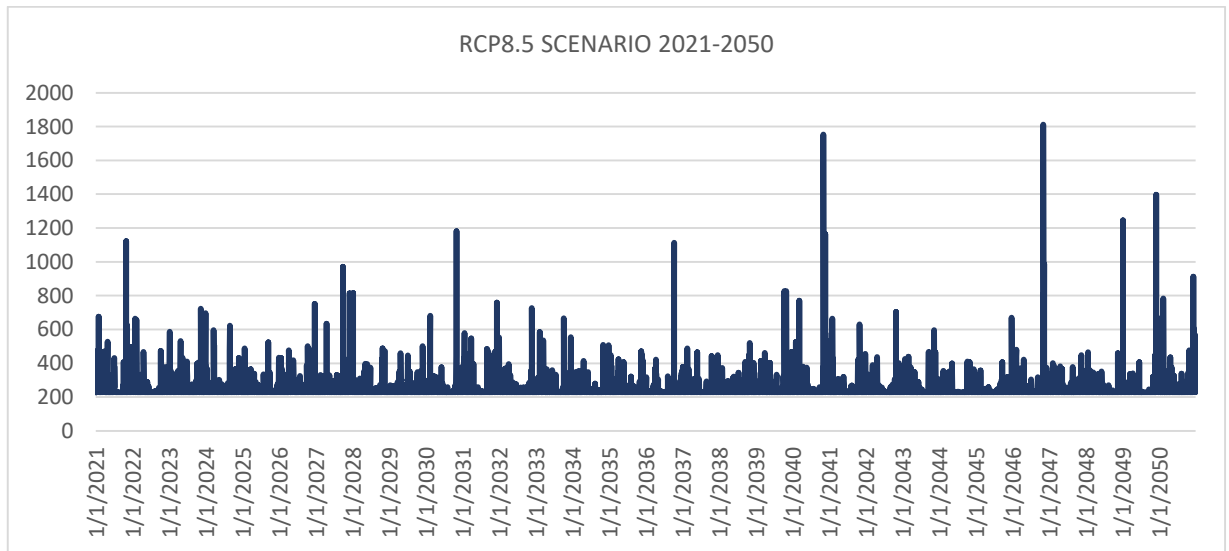
Θ.34 Παροχή αγωγού 99 για το ιστορικό σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



Θ.35 Παροχή αγωγού 99 για το RCP2.6 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



Θ.36 Παροχή αγωγού 99 για το RCP4.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR



Θ.37 Παροχή αγωγού 99 για το RCP8.5 σενάριο του μοντέλου MPI-CSC-REMO2009 - MPI-M-MPI-ESM-LR