

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ –  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**



**ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ**

## **Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Νομό Αττικής**

**Διπλωματική Εργασία  
Καπετανίδης Κοσμάς-Μάριος**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Τσιχριντζής Β. Α.**

**Αθήνα, Μάιος 2023**



## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Διπλωματικής μου Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή Β. Α. Τσιχριντζή, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω μία έρευνα πάνω στο κομμάτι της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Ελλάδας, γεγονός που ενδέχεται να συνεισφέρει, με τη σειρά του, στην πραγμάτωση πολλαπλών άλλων ερευνών, αλλά και να βοηθήσει τους ερευνητές να προσπεράσουν τυχόν εμπόδια που μπορεί να προκύψουν. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ι. Ναλμπάντη και τον Επίκουρο Καθηγητή Χ. Βαγγέλη.

Σπουδαία έμπρακτη βοήθεια, με τις συμβουλές του και τον τρόπο σκέψης του, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας, μου παρείχε και ο μεταδιδάκτορας Δρ. Ι. Κούρτης.

Μεγάλο ευχαριστώ οφείλω να πω στην Πυροσβεστική Υπηρεσία και το αρμόδιο τμήμα της που μου παρείχε όσα στατιστικά στοιχεία ζήτησα.

Φυσικά, δε θα μπορούσα να παραλείψω από τις ευχαριστίες μου την οικογένειά μου, καθώς και τα αγαπημένα μου πρόσωπα, τα οποία, όλα μαζί και το καθένα ξεχωριστά, υπήρξαν οι βασικότεροι πυλώνες στήριξής μου, συμβάλλοντας τα μέγιστα στο να φέρω εις πέρας τη φοίτηση μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Sic Parvis Magna



## Περίληψη

Παρά το γεγονός ότι το νερό βρίσκεται σε αφθονία στον πλανήτη Γη, αποτελεί, ταυτόχρονα, τον σπανιότερο φυσικό πόρο. Η κλιματική αλλαγή, αλλά και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις (π.χ. η αποψίλωση των δασών), ενδέχεται να οδηγήσουν στο μέλλον σε αύξηση του αριθμού και της έντασης των πλημμυρικών φαινομένων. Οι στόχοι της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η εκτίμηση του αριθμού καμπύλης απορροής CN, για την Ελλάδα, καθώς και η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο νομό Αττικής. Επιπλέον, παρουσιάζονται για την Ελλάδα, από το έτος 2000 μέχρι και το 2021, οι κλήσεις προς την Πυροσβεστική Υπηρεσία για άντληση υδάτων συναρτήσει μίας μέσης τιμής του αριθμού καμπύλης απορροής CN, για τις μέσες συνθήκες του αριθμού CN. Στη συνέχεια, με βάση τους παράγοντες υψόμετρο, κλίση εδάφους, συγκέντρωση επιφανειακής ροής, χρήσεις γης, ένταση της βροχόπτωσης (δείκτης Modified Fournier Index) και όμβριες καμπύλες για τον Νομό Αττικής (Υδατικό Διαμέρισμα EL06), αλλά και τον αριθμό καμπύλης απορροής Curve Number (CN), πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση των περιοχών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής και σύγκριση αυτών με τις περιοχές Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας οι οποίες έχουν εκτιμηθεί και παρουσιάζονται στα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας. Σε ό,τι αφορά το CN, οι περιοχές με αστικό ιστό και οι πεδινές περιοχές χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές του CN, ενώ οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο και πιο έντονη εδαφική κλίση χαρακτηρίζονται από μικρές τιμές του αριθμού CN. Ακόμη, οι ημιορεινές περιοχές χαρακτηρίζονται από μέσες τιμές του αριθμού CN. Τέλος, τα αποτελέσματα της εκτίμησης του πλημμυρικού κινδύνου κατέδειξαν ότι οι περιοχές του υδατικού διαμερίσματος της Αττικής, οι οποίες κινδυνεύουν περισσότερο, βρίσκονται στο λεκανοπέδιο και, γενικότερα, στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, ενώ οι ορεινοί όγκοι και οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, φαίνεται να κινδυνεύουν λιγότερο. Τέλος, όσον αφορά τη σύγκριση των περιοχών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας, παρατηρείται πως η επικάλυψή τους ανέρχεται σε ποσοστό ίσο με 40%.

## **Abstract**

Despite the fact that water is abundant on planet Earth, it simultaneously constitutes the rarest natural resource. Climate change, as well as human interventions (e.g., deforestation), may potentially lead to an increase in the number and intensity of flood events in the future. The main objectives of this Thesis are: (i) the estimation of the Curve Number (CN) for Greece, and (ii) the assessment of flood hazard in the River Basin District (RBD; EL06) of Attica. Furthermore, the calls made to the Greek Fire Service for water pumping between years 2000 and 2021, based on the average value of the Curve Number (CN) under average antecedent conditions, are presented for Greece. Subsequently, based on factors such as elevation, slope, surface runoff concentration, land use, rainfall intensity, estimated using the Modified Fournier Index and the Intensity-Duration-Frequency curves for the RBD of Attica, as well as the Curve Number (CN), the estimation of flood hazard for the RBD of Attica took place. Regarding the CN, urban areas and flat regions are characterized by high values of CN, while areas with higher elevation and more pronounced terrain slope are characterized by low values of CN. Additionally, the semi-mountainous regions are characterized by moderate values of CN. Finally, based on the study results, an estimation of potentially high flood risk areas was conducted for the RBD of Attica, and a comparison was made with the potentially high flood risk areas that have been estimated and presented in Flood Risk Management Plans. The results indicated that the areas of the Attica Water District that are at higher risk are located in the basin and, more generally, in low-lands, while mountainous regions and areas at higher elevations seem to be at lower risk. Lastly, regarding the comparison of areas with potentially high flood risk, their overlap amounts to a percentage of 40%.

## Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	3
Περίληψη .....	5
Abstract .....	6
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Πινάκων .....	13
1. Εισαγωγή.....	15
1.1 Νερό .....	15
1.2 Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα.....	17
1.2.1 Η Κλιματική Αλλαγή και η Επιρροή της στους Υδατικούς Πόρους της Ελλάδας .....	17
1.3 Πλημμύρες .....	19
1.3.1 Γενικά.....	19
1.3.2 Το ζήτημα των Πλημμυρών .....	20
1.4 Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο .....	24
1.4.1 Οδηγία 2000/60/ΕΚ .....	24
1.4.2 Οδηγία 2007/60/ΕΚ .....	25
1.4.3 Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.....	26
1.5 Επικινδυνότητα Πλημμύρας – Κίνδυνος Πλημμύρας.....	27
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	29
2.1 Μεθοδολογικό Πλαίσιο.....	29
2.1.1 Εκτίμηση Αριθμού Καμπύλης Απορροής CN.....	29
2.1.2 Κατάρτιση Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας.....	30
2.2 Μέθοδοι Εκτίμησης Απωλειών Βροχής .....	31
2.3 Εκτίμηση Περισεύματος της Βροχής με τη Μέθοδο SCS – CN .....	32
2.4 Ένταση Βροχόπτωσης.....	34
2.4.1 Modified Fournier Index (MFI) .....	34
2.4.2 Όμβριες Καμπύλες .....	39
2.5 Δείκτης Σύγκρισης Μοντέλων .....	42
2.6 Inverse Distance Weighting.....	43
2.7 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	43
2.7.1 Υπολογισμός Αριθμού Καμπύλης Απορροής CN .....	43
2.7.2 Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας .....	46
2.8 Ψηφιακή Εργαλειοθήκη .....	51
2.9 Περιοχή Μελέτης .....	52
2.9.1 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας .....	53
2.9.2 Χρήσεις Γης Ελλάδας .....	59
2.9.3 Έδαφος.....	61

2.9.4	Συσσώρευση Επιφανειακής Ροής της Ελλάδας .....	66
2.9.5	Καταγραφή Συμβάντων Άντλησης Υδάτων από τον Πυροσβεστική Υπηρεσία .....	67
2.10	Υπολογισμός Αριθμού Καμπύλης CN για την Ελλάδα .....	71
2.10.1	Μέσες Συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας .....	71
2.10.2	Ξηρές και Υγρές Συνθήκες .....	72
2.11	Συντελεστής Βαρύτητας A και Ρυθμός Επίδρασης B και Πίνακας Βαθμολόγησης .....	73
3.	Αποτελέσματα Εκτίμησης Αριθμού Καμπύλης CN για την Ελλάδα .....	83
3.1	Μέσες Συνθήκες .....	83
3.2	Ξηρές και Υγρές Συνθήκες .....	85
3.3	Σύγκριση του αριθμού καμπύλης CN για την Ελλάδα με εκείνον των Jaafar et al. (2019) .....	89
3.4	Αντλήσεις από την Πυροσβεστική ανά έτος στην Αττική .....	94
4.	Αποτελέσματα Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (EL06) .....	99
4.1	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με το Υψόμετρο .....	99
4.2	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Κλίση .....	101
4.3	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Συσσώρευση Ροής .....	102
4.4	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με τον Αριθμό Καμπύλης Απορροής CN .....	105
4.5	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Ένταση Βροχόπτωσης .....	107
4.5.1	Ένταση Βροχόπτωσης σύμφωνα με τον Modified Fournier Index (MFI) .....	107
4.5.2	Ένταση Βροχόπτωσης σύμφωνα με τις Όμβριες Καμπύλες .....	109
4.6	Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με τις Χρήσεις Γης .....	120
4.7	Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής .....	121
4.7.1	Με χρήση του Modified Fournier Index .....	121
4.7.2	Με χρήση των Όμβριων Καμπυλών .....	123
4.8	Σύγκριση των Περιοχών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας .....	130
5.	Συμπεράσματα .....	137
6.	Βιβλιογραφικές Αναφορές .....	139
	Ελληνική Βιβλιογραφία .....	139
	Διεθνής Βιβλιογραφία .....	141
	Διαδικτυακοί Τόποι .....	144
	Παράρτημα Χαρτών .....	145
	Παράρτημα Πινάκων .....	167

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Για την περίοδο 1975 - 2006 ανά τον κόσμο (α) αριθμός γεγονότων φυσικών καταστροφών, (β) αριθμός θανάτων λόγω φυσικών καταστροφών, (γ) κόστος ζημιών λόγω φυσικών καταστροφών και (δ) επηρεαστής πληθυσμός λόγω φυσικών καταστροφών (Πηγή: Διακάκης, 2012) .....	21
Εικόνα 2: Για την περίοδο 1980 - 2008 στην Ευρώπη (α) αριθμός γεγονότων φυσικών καταστροφών, (β) αριθμός θανάτων λόγω φυσικών καταστροφών, (γ) κόστος ζημιών λόγω φυσικών καταστροφών και (δ) επηρεαστής πληθυσμός λόγω φυσικών καταστροφών (Πηγή: Διακάκης, 2012) .....	22
Εικόνα 3: Ανά τον Κόσμο για το χρονικό διάστημα 1975 – 2006 και στην Ευρώπη για το χρονικό διάστημα 1980 – 2008 (α) αριθμός πλημμυρών, (β) αριθμός θανάτων, (γ) κόστος ζημιών και (δ) επηρεασθείς πληθυσμός (Πηγή: Διακάκης, 2012) .....	24
Εικόνα 4: Μεθοδολογικό πλαίσιο για την εκτίμηση του Αριθμού Καμπύλης Απορροής (CN) .....	30
Εικόνα 5: Μεθοδολογικό πλαίσιο κατάρτισης Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας. 31	
Εικόνα 6: Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας .....	54
Εικόνα 7: Διαδικασία κατάρτισης Χάρτη Υψομέτρων και τελικός Χάρτης Υψομέτρων της Ελλάδας .....	57
Εικόνα 8: Διαδικασία κατάρτισης των Χαρτών των Κλίσεων της Ελλάδας και τελικός Χάρτης Κλίσεων της Ελλάδας σε μοίρες .....	58
Εικόνα 9: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη Χρήσεων Γης .....	59
Εικόνα 10: Χάρτης Χρήσεων Γης της Ελλάδας.....	60
Εικόνα 11: Διαδικασία δημιουργίας χάρτη εδάφους με βάση την βάση HWSD.....	63
Εικόνα 12: Διαδικασία δημιουργίας χάρτη εδάφους με βάση την βάση DSMW.....	63
Εικόνα 13: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη Εδάφους και τελικός Χάρτης του Εδάφους της Ελλάδας .....	65
Εικόνα 14: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις μέσες συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας .....	71
Εικόνα 15: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις ξηρές και τις υγρές συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας.....	72
Εικόνα 16: Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των διαφόρων παραγόντων....	74
Εικόνα 17: Θέση βροχομετρικών σταθμών στην Αττική .....	76
Εικόνα 18: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις μέσες συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για μέσες συνθήκες .....	84
Εικόνα 19: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις ξηρές συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για ξηρές συνθήκες .....	87
Εικόνα 20: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις υγρές συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για υγρές συνθήκες .....	88
Εικόνα 21: Διαδικασία κατάρτισης των Χαρτών Σύγκρισης των CN .....	89

Εικόνα 22: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για μέσες συνθήκες.....	91
Εικόνα 23: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για ξηρές συνθήκες.....	92
Εικόνα 24: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για υγρές συνθήκες.....	93
Εικόνα 25: Γραφική Παράσταση των Αντλήσεων στην Αττική ανά Έτος .....	94
Εικόνα 26: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2000 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό.....	96
Εικόνα 27: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2021 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό.....	97
Εικόνα 28: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με το υψόμετρο .....	100
Εικόνα 29: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τις κλίσεις του εδάφους .....	101
Εικόνα 30: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τη συγκεντρωτική ροή .....	103
Εικόνα 31: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τη συγκεντρωτική ροή .....	104
Εικόνα 32: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN.....	106
Εικόνα 33: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης (MFI).....	108
Εικόνα 34: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 25 ετών .....	111
Εικόνα 35: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 50 ετών .....	113
Εικόνα 36: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 100 ετών .....	115
Εικόνα 37: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 500 ετών .....	117
Εικόνα 38: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών .....	119
Εικόνα 39: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τις χρήσεις γης.....	120
Εικόνα 40: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής (MFI) .....	122
Εικόνα 41: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 25 ετών .....	125
Εικόνα 42: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 50 ετών .....	126

Εικόνα 43: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 100 ετών .....	127
Εικόνα 44: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 500 ετών .....	128
Εικόνα 45: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών .....	129
Εικόνα 46: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής .....	131
Εικόνα 47: Πλημμυρική Επικινδυνότητα με βάση το MFI και ΖΔΥΚΠ από τα ΣΔΚΠ .....	134
Εικόνα 48: Πλημμυρική Επικινδυνότητα με βάση τις όμβριες καμπύλες για περίοδο επαναφοράς 25 ετών και ΖΔΥΚΠ από τα ΣΔΚΠ .....	135
Εικόνα Π1: Χάρτης Κλίσεων της Ελλάδας σε ποσοστό .....	145
Εικόνα Π2: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2001 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	146
Εικόνα Π3: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2002 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	147
Εικόνα Π4: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2003 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	148
Εικόνα Π5: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2004 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	149
Εικόνα Π6: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2005 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	150
Εικόνα Π7: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2006 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	151
Εικόνα Π8: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2007 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	152
Εικόνα Π9: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2008 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	153
Εικόνα Π10: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2009 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	154
Εικόνα Π11: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2010 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	155
Εικόνα Π12: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2011 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	156
Εικόνα Π13: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2012 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	157
Εικόνα Π14: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2013 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	158
Εικόνα Π15: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2014 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	159
Εικόνα Π16: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2015 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	160

Εικόνα Π17: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2016 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	161
Εικόνα Π18: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2017 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	162
Εικόνα Π19: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2018 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	163
Εικόνα Π20: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2019 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	164
Εικόνα Π21: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2020 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό .....	165



## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Κατηγορίες με βάση την Αρχική Κατάσταση Υγρασίας του εδάφους (Πηγή: Τσακίρης, 2013).....	33
Πίνακας 2: Υδρολογικές Κατηγορίες Εδαφών (Πηγή: Τσακίρης, 2013) .....	33
Πίνακας 3: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Αγίου Ιεροθέου και συντεταγμένες του.....	35
Πίνακας 4: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Μαρκόπουλου και συντεταγμένες του .....	36
Πίνακας 5: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Γ' Νεκροταφείου Νίκαιας και συντεταγμένες του .....	36
Πίνακας 6: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Πειραιά και συντεταγμένες του .....	37
Πίνακας 7: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Περιστερίου και συντεταγμένες του .....	38
Πίνακας 8: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Βύρωνα και συντεταγμένες του .....	38
Πίνακας 9: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Χαλανδρίου και συντεταγμένες του .....	39
Πίνακας 10: Παράμετροι των εξισώσεων των όμβριων καμπύλων .....	41
Πίνακας 11: Κωδικοί και αντίστοιχες εδαφικές κατηγορίες (Πηγή: Τσιχριντζής, 1999)..	62
Πίνακας 12: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2000 .....	67
Πίνακας 13: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2021 .....	69
Πίνακας 14: Παράγοντες και αντίστοιχοι Ρυθμοί Επίδρασης.....	74
Πίνακας 15: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 25 ετών .....	78
Πίνακας 16: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 50 ετών .....	79
Πίνακας 17: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 100 ετών .....	79
Πίνακας 18: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 500 ετών .....	79
Πίνακας 19: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 1000 ετών .....	79
Πίνακας 20: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για βροχόπτωση (MFI) .....	80

Πίνακας 21: Τιμές του δείκτη MFI .....	107
Πίνακας 22: Τιμές των όμβριων καμπύλων για διάφορες περιόδους επαναφοράς και διάρκεια βροχόπτωσης 6 h .....	109
Πίνακας 23: Εκτάσεις ανά κλάση πλημμυρικής επικινδυνότητας .....	121
Πίνακας 24: Εκτάσεις ανά άση πλημμυρικής επικινδυνότητας για διάφορες περιόδους επαναφοράς .....	124
Πίνακας 25: Σύγκριση Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας .....	131
Πίνακας 26: Τιμές Εκτάσεων Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας .....	132
Πίνακας A1: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2001 .....	167
Πίνακας A2: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2002 .....	170
Πίνακας A3: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2003 .....	173
Πίνακας A4: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2004 .....	176
Πίνακας A5: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2005 .....	179
Πίνακας A6: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2006 .....	182
Πίνακας A7: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2007 .....	185
Πίνακας A8: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2008 .....	188
Πίνακας A9: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2009 .....	191
Πίνακας A10: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2010 .....	194
Πίνακας A11: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2011 .....	197
Πίνακας A12: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2012 .....	200
Πίνακας A13: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2013 .....	203
Πίνακας A14: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2014 .....	206
Πίνακας A15: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2015 .....	209
Πίνακας A16: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2016 .....	212
Πίνακας A17: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2017 .....	215
Πίνακας A18: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2018 .....	218
Πίνακας A19: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2019 .....	221
Πίνακας A20: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2020 .....	224

## **1. Εισαγωγή**

### **1.1 Νερό**

Το νερό είναι ζωτικής σημασίας για την ύπαρξη της ζωής στον πλανήτη Γη, ανεξάρτητα από τη μορφή που συναντάται. Η Γη καλύπτεται από νερό στο 71 % της επιφάνειάς της. Ένα πολύ μικρό ποσοστό, περίπου 3 %, είναι γλυκό νερό, το οποίο και χρησιμοποιείται καθημερινά από το ανθρώπινο είδος, για την κάλυψη των αναγκών του. Μάλιστα, από αυτό το ποσοστό, ακόμα μικρότερο είναι διαθέσιμο για κατανάλωση από τους ανθρώπους (0.3 %), μιας και το μεγαλύτερο μέρος του βρίσκεται αποθηκευμένο, είτε στο εσωτερικό των παγετώνων, είτε σε βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους (Πουπάκης, 2016). Συνεπώς, ο άνθρωπος αναγκάζεται να αξιοποιήσει τα επίγεια σώματα νερού, δηλαδή τις λίμνες και τα ποτάμια, καθώς και κάποια υπόγεια ύδατα, τα οποία βρίσκονται πιο κοντά στην φυσική γήινη επιφάνεια (Perlman et al., 2005).

Πιο αναλυτικά, παρατηρείται πως από τα συνολικά, 1,386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του νερού στη Γη, το αλμυρό νερό βρίσκεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 96 %. Από το συνολικό ποσοστό του γλυκού νερού του πλανήτη, διαθέσιμο είναι ακόμα λιγότερο, αφού το 68 % αυτού είναι αποθηκευμένο σε παγετώνες, παγόβουνα ή περιοχές με μόνιμο χιόνι ή πάγο και ένα 30 % είναι αποθηκευμένο σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (Perlman et al., 2005). Το διαθέσιμο γλυκό νερό προς χρήση και κατανάλωση από τους ανθρώπους, που βρίσκεται επίγεια, είναι εκείνο των λιμνών και των ποταμών και είναι, συνολικά, 93,100 κυβικά χιλιόμετρα. Ποσοστιαία, αυτό αποτελεί περίπου το 0.00007 % του συνολικού όγκου νερού της Γης (Perlman et al., 2005).

Όμως, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό του νερού παγκοσμίως είναι γλυκό και, ταυτόχρονα, διαθέσιμο προς κατανάλωση και χρήση, οι άνθρωποι το χρησιμοποιούν σε πολλαπλές πτυχές της ζωής και καθημερινότητάς τους, όπως, για παράδειγμα, για οικιακή χρήση, πόση, βιομηχανική χρήση, καθώς και γεωργική χρήση (Perlman et al., 2005).

Θα μπορούσε να σημειωθεί πως το νερό, ενώ βρίσκεται σε αφθονία, τείνει, παράλληλα, να μετατραπεί στο πιο σπάνιο φυσικό ανανεώσιμο πόρο. Το συγκεκριμένο, μπορεί να διαπιστωθεί και από το γεγονός ότι, λόγω της τεράστιας πληθυσμιακής ανάπτυξης, σε

παγκόσμιο επίπεδο, οι ανθρώπινες ανάγκες για νερό έχουν αυξηθεί κατακόρυφα, αλλά τα αποθέματα του διαθέσιμου γλυκού νερού έχουν παραμείνει διαχρονικά σταθερά (Mountford, 2011).

Ακόμη, πρέπει να τονιστεί πως δεν είναι λίγες οι χώρες, οι οποίες αντιμετωπίζουν προβλήματα, είτε σε ό,τι αφορά οικονομικούς πόρους, είτε σε ό,τι αφορά υλικοτεχνική υποδομή, και υπολείπονται της δυνατότητας πρόσβασης σε καθαρό πόσιμο νερό ή και, συνολικά, σε νερό (Mountford, 2011). Σύμφωνα με τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης και την Mountford (2011), 748 εκατομμύρια άνθρωποι ανά την υφήλιο δεν έχουν πρόσβαση σε νερό. Σε αυτό, έρχεται να προστεθεί και το γεγονός ότι 2.5 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν ή κατοικούν σε περιοχές, οι οποίες δεν διαθέτουν επαρκείς υποδομές υγιεινής, με αποτέλεσμα η ποιότητα του νερού, στις εκάστοτε περιοχές, να είναι χαμηλότερων προδιαγραφών. Υπολογίζεται ότι, το μολυσμένο νερό, το οποίο μπορεί να αποτελέσει πηγή ενός πολύ μεγάλου εύρους ασθενειών, είναι υπεύθυνο για το θάνατο 3.5 εκατομμυρίων ανθρώπων, αν σε αυτή τη συνθήκη συνυπολογίσουμε και την έλλειψη κατάλληλων υποδομών υγιεινής (Mountford, 2011). Επιπρόσθετα, εκτιμάται ότι έως το 2025, περίπου, 1.8 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα ζουν σε περιοχές με λειψυδρία, ενώ τα δύο τρίτα του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζουν σε μέρη με δυσκολία, ή και χωρίς δυνατότητα, πρόσβασης σε καθαρό νερό, λόγω της συνολικότερης ρύπανσης του περιβάλλοντος, καθώς και της κλιματικής αλλαγής (Mountford, 2011).

Σύμφωνα με την Mountford (2011), παρατηρείται ότι στις περιοχές του πλανήτη, όπου η πληθυσμιακή πυκνότητα έχει αυξηθεί κατά πολύ, όπως, για παράδειγμα, η Κίνα και η Ινδία, τα φαινόμενα της λειψυδρίας είναι πολύ σημαντικότερα, ενώ στις περιοχές της Γης, όπου ο πληθυσμός φαίνεται να παραμένει σταθερός, όπως, για παράδειγμα, στις Ευρωπαϊκές χώρες, τα επίπεδα της λειψυδρίας εμφανίζονται ηπιότερα.

## **1.2 Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα**

Σύμφωνα με την Μιμίκου (2005), η Ελλάδα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία χώρα με ιδιαίτερο πλούτο, όσον αφορά τους υδατικούς πόρους και τις βροχοπτώσεις. Η μέση ετήσια βροχόπτωση εκτιμάται περί τα 700 mm ανά τον χρόνο, καθιστώντας την, κατά τα φαινόμενα, μία από τις χώρες της Μεσογείου με αφθονία σε νερό (Μιμίκου, 2005). Ο αριθμός αυτός κρύβει μεγάλες διαφορές μεταξύ των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας, λόγω της άνιση κατανομής, τόσο χρονικά, όσο και χωρικά, των υδατικών πόρων. Επιπλέον, η μορφολογία, ο μεγάλος αριθμός λεκανών απορροής, οι περισσότερες από τις οποίες είναι μικρές, η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, τόσο στο χώρο, όσο και στο χρόνο, αλλά και η συγκέντρωση της πλειοψηφίας του πληθυσμού και των εγχώριων δραστηριοτήτων στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα καθιστούν δύσκολη την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων (Μιμίκου, 2005). Για παράδειγμα, η Δυτική Ελλάδα δέχεται τις περισσότερες βροχοπτώσεις, ενώ, αντίθετα, η Ανατολική Ελλάδα με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη δέχεται, σημαντικά, λιγότερες βροχοπτώσεις.

Σύμφωνα με τη Μιμίκου (2005), η γενικότερη λειψυδρία μίας περιοχής μπορεί να διαπιστωθεί και από την άνιση κατανομή της απορροής. Για παράδειγμα, οι περιοχές ανατολικά της χώρας χαρακτηρίζονται από μεγάλη ξηρότητα, ενώ οι περιοχές δυτικά της χώρας, αντίθετα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη υγρασία (Μιμίκου, 2005). Παράλληλα, η Ελλάδα ενισχύει τα υδατικά της αποθέματα, εκμεταλλεύομενη και τα σώματα νερού γειτονικών χωρών (Μιμίκου, 2013). Παρατηρείται ότι η συνεισφορά των γειτονικών χωρών στους υδατικούς πόρους της χώρας ανέρχονται στα, περίπου, 100 mm ανά το έτος, δηλαδή, ποσοστιαία, συνεισφέρουν στο 20 % του συνολικού όγκου νερού (Μιμίκου, 2013). Το υπόλοιπο 80 % προέρχεται από εσωτερικούς πόρους (Μιμίκου, 2013).

### **1.2.1 Η Κλιματική Αλλαγή και η Επιρροή της στους Υδατικούς Πόρους της Ελλάδας**

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται ιδιαίτερος λόγος για την επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο κλίμα της Γης. Η κλιματική αλλαγή, τις τελευταίες δύο δεκαετίες, είναι γεγονός και το φαινόμενο, το οποίο έχει συμβάλει περισσότερο στην

πραγματοποίηση αυτής είναι το ονομαζόμενο «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» (Κατσαφάδος και Μαυροματίδης, 2015).

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) (Τζούτζας, 2008), η αλλαγή του κλίματος ορίζεται ως η μεταβολή της κατάστασής του, η οποία μπορεί να προσδιοριστεί από τις αλλαγές του μέσου μεγέθους ή/και τη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων που το χαρακτηρίζουν και η οποία διατηρείται για εκτεταμένη χρονική περίοδο, συνήθως για δεκαετίες ή και περισσότερο. Η μεταβολή αυτή μπορεί να οφείλεται, τόσο σε φυσικά αίτια, όσο και σε ανθρωπογενή.

Ένας δεύτερος ορισμός για την κλιματική αλλαγή έχει αποδοθεί από τη Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) (Τζούτζας, 2008), κατά τον οποίο η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως η αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα ως συνέπεια έμμεσων ή άμεσων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που επιφέρουν μεταβολές στη παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση και το οποίο, παράλληλα με τη μεταβολή του κλίματος λόγω φυσικών αιτιών, παρατηρείται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους.

Φυσικά, η κλιματική αλλαγή δε θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο τον κύκλο του νερού, όπως και τις κλιματικές μεταβλητές. Σύμφωνα με τη Μιμίκου (2005), και με βάση το παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο HadCM2, παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Υδρολογικές μελέτες (Μιμίκου, 2005) που διεξήχθησαν για τα έτη 2020, 2050 και 2080 έδειξαν ότι η αυξημένη θερμοκρασία θα οδηγήσει σε πιθανή μείωση του ρυθμού και της ποσότητας των βροχοπτώσεων, ειδικότερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο, αλλά και άμεσα μετά από αυτή. Επιπλέον, η απορροή αποτελεί μία από τις βασικές μεταβλητές του υδρολογικού κύκλου, που θα επηρεαστεί. Η πλειοψηφία των μηνών του έτους θα χαρακτηρίζεται από γενική μείωση της απορροής και η οποία θα κυμαίνεται από 40 % μέχρι 60 % (Μιμίκου, 2005), ενώ μερικοί χειμερινοί μήνες, θα χαρακτηρίζονται από αύξηση της απορροής. Έτσι, σύμφωνα με τη Μιμίκου (2005), το καλοκαίρι θα διέπεται από αξιοσημείωτη επιδείνωση της

ξηρότητας, αλλά και της συνολικότερης έλλειψης νερού, ενώ τον χειμώνα θα παρατηρείται αύξηση των πλημμυρικών φαινομένων και της σφοδρότητάς τους.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, το μέγεθος και η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων αναμένεται να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό αντικείμενο μελέτης. Τα αποτελέσματα πιθανών ερευνών πρέπει να αξιοποιηθούν από τους αρμόδιους φορείς για τη θέσπιση μέτρων και την πραγματοποίηση αντιπλημμυρικών έργων, για την προστασία των ευάλωτων σε πλημμύρες περιοχών.

### **1.3 Πλημμύρες**

#### **1.3.1 Γενικά**

Οι πλημμύρες συγκαταλέγονται στις πλέον συχνές φυσικές καταστροφές και συμβαίνουν όταν ο ρυθμός συσσώρευσης του συνολικού όγκου του νερού σε μία επιφάνεια του εδάφους είναι μεγαλύτερος από τον ρυθμό αποστράγγισής του, γεγονός που έχει ως επακόλουθο την υπερχειλίση του εκάστοτε υδάτινου σώματος του υδρογραφικού δικτύου και, κατ' επέκταση, την προσωρινή κάλυψη των περιβαλλόντων σε αυτά περιοχών με τον όγκο του νερού, που δεν κατάφερε να αποστραγγιστεί (Διακάκης, 2012).

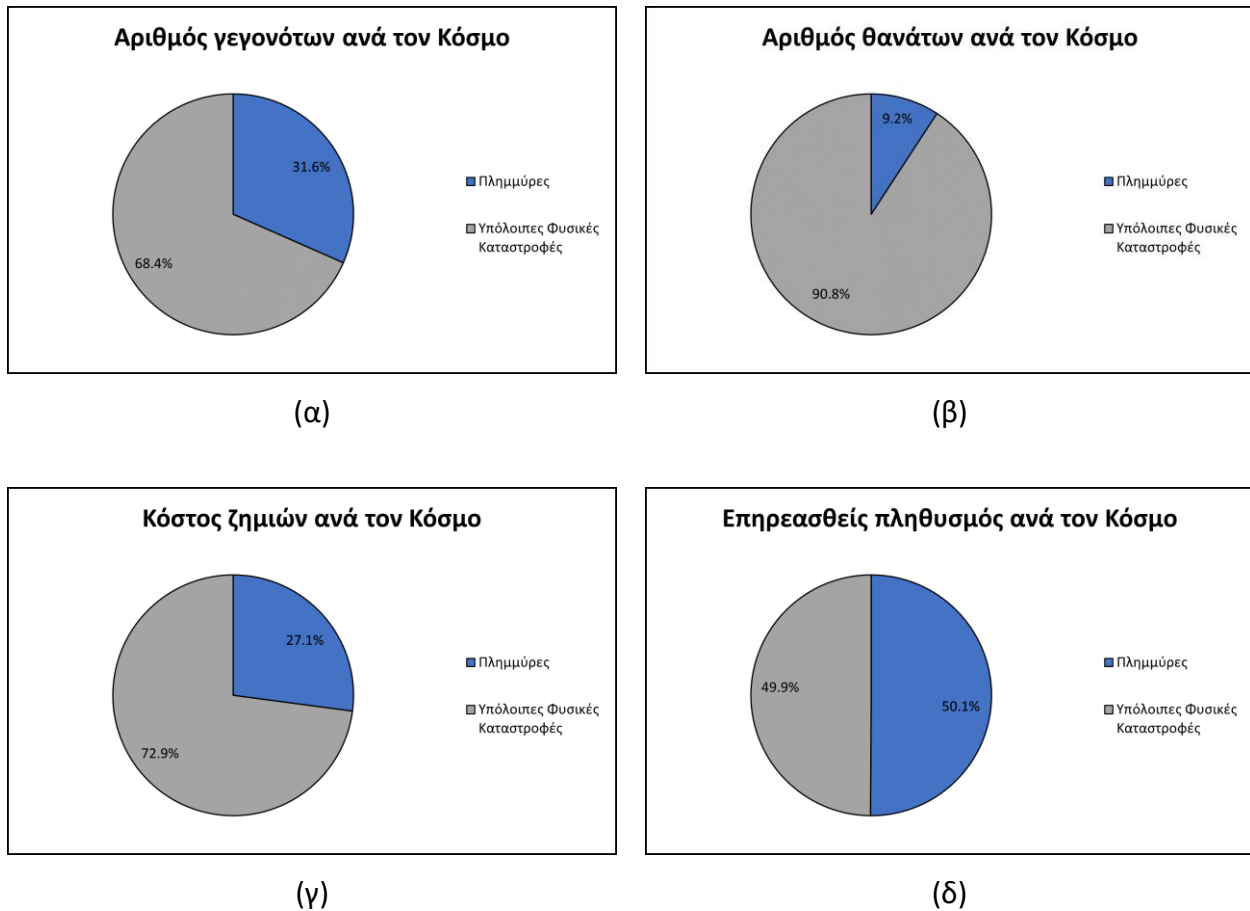
Τα πλημμυρικά φαινόμενα δύναται να θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία, και πολλές φορές την ίδια την ανθρώπινη ζωή, να προκαλέσουν υλικές ζημιές και καταστροφές στις υποδομές, καθώς και να δημιουργήσουν μία γενικότερη ανισορροπία στην ανθρώπινη δραστηριότητα και στα οικοσυστήματα (Διακάκης, 2012). Η ερημοποίηση, η αποψίλωση των δασικών περιοχών, που ενδέχεται να προκληθούν είτε από πυρκαγιές, είτε από την υλοτομία, η κλιματική αλλαγή, αλλά και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αποτελούν μερικές από τις αιτίες των πλημμυρικών φαινομένων (Διακάκης, 2012).

### 1.3.2 Το ζήτημα των Πλημμυρών

Όπως αναφέρθηκε, οι πλημμύρες αποτελούν έναν ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο, τόσο για την ανθρώπινη ασφάλεια (Kundzewicz and Kundzewicz, 2005), όσο και για τις διάφορες οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες (Barredo, 2007, 2009). Η συνεχής αύξηση του παγκοσμίου πληθυσμού (Διακάκης, 2012), καθώς και η παρέμβαση του ανθρώπου σε περιοχές (Διακάκης, 2012) όπου συμβαίνουν πλημμυρικά φαινόμενα με μεγαλύτερη συχνότητα είναι δύο από τους λόγους, λόγω των οποίων παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση στους αριθμούς των πλημμυρών που καταγράφονται (Διακάκης, 2012). Τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και η Ελλάδα, έχουν θεσπίσει μέτρα, τα τελευταία χρόνια, για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των κινδύνων των πλημμυρών, όπως, για παράδειγμα, η Οδηγία 2007/60 (ΥΠΕΚΑ, 2017).

Σύμφωνα με τον Διακάκη (2012), παρατηρείται ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα ανά τον Κόσμο, για την χρονική περίοδο 1975 μέχρι και το 2006, αποτελούν σχεδόν το ένα τρίτο (31.6 %) των φυσικών καταστροφών (Εικόνα 1α). Στην Εικόνα 1β, φαίνεται ότι οι πλημμύρες ευθύνονται για σχεδόν έναν στους δέκα θανάτους (9.2 %) για το ίδιο χρονικό διάστημα. Στην Εικόνα 1γ, φαίνεται ότι οι πλημμύρες ευθύνονται για παραπάνω από το ένα τέταρτο (27.1 %) του συνολικού κόστους των υλικών ζημιών, οι οποίες προκαλούνται από τις φυσικές καταστροφές. Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα επηρεάζουν το ήμισυ (50.1 %) του παγκοσμίου πληθυσμού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1δ.

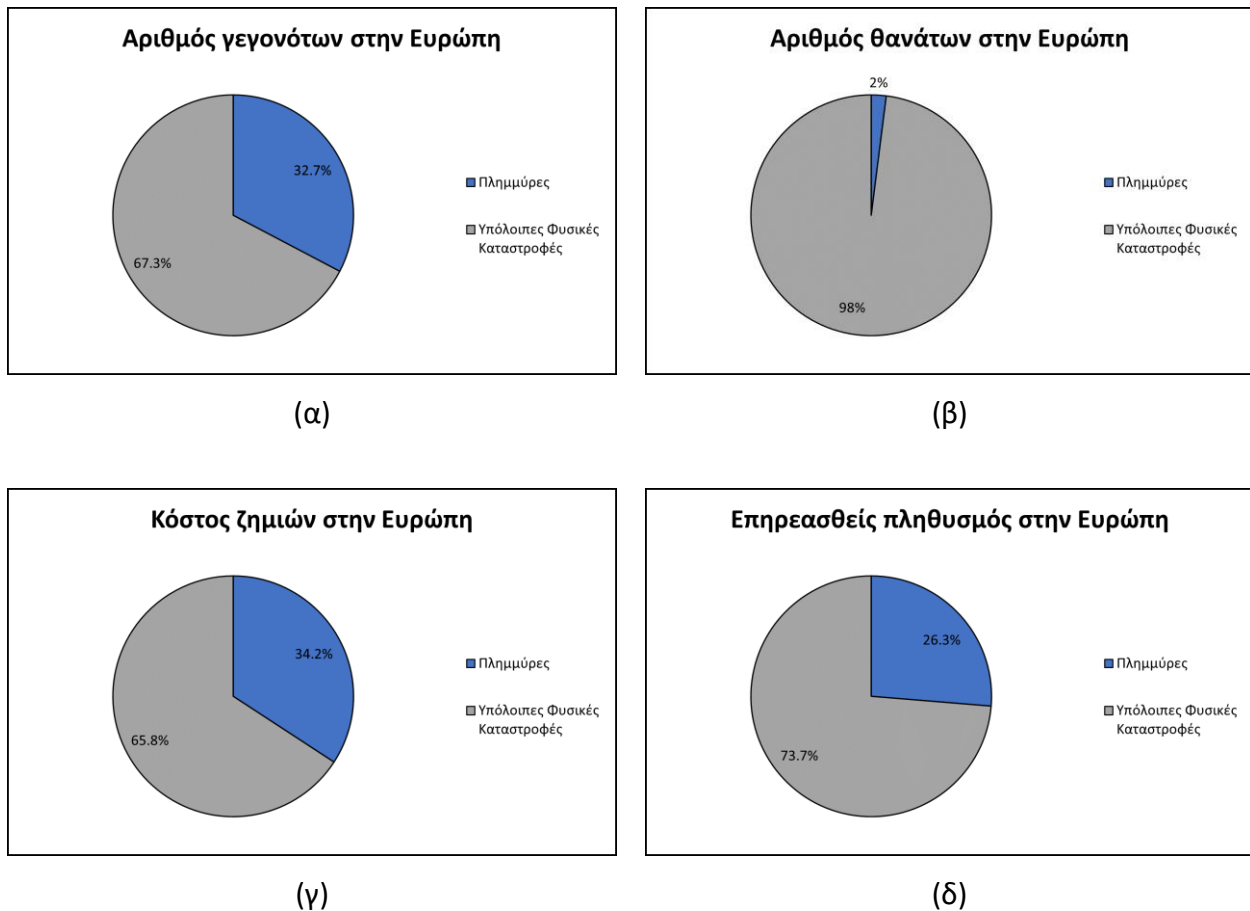




Εικόνα 1: Για την περίοδο 1975 - 2006 ανά τον κόσμο (α) αριθμός γεγονότων φυσικών καταστροφών, (β) αριθμός θανάτων λόγω φυσικών καταστροφών, (γ) κόστος ζημιών λόγω φυσικών καταστροφών και (δ) επηρεασθείς πληθυσμός λόγω φυσικών καταστροφών (Πηγή: Διακάκης, 2012)

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Διακάκη (2012), παρατηρείται ότι τα πλημμυρικά φαινόμενα στην Ευρώπη, για την χρονική περίοδο 1980 μέχρι και το 2008, αποτελούν, όπως και παγκόσμια, σχεδόν το ένα τρίτο (32.7 %) των φυσικών καταστροφών (Εικόνα 2α). Στην Ευρώπη (Εικόνα 2β), η κατάσταση παρουσιάζεται ελαφρώς βελτιωμένη, σε ό,τι αφορά τον αριθμό θανάτων λόγω των πλημμυρικών φαινομένων, σε σχέση με τους αντίστοιχους θανάτους ανά τον κόσμο, αφού το ποσοστό αυτό δεν ξεπερνάει το 2 %. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2γ, το κόστος των υλικών ζημιών στην Ευρώπη παρουσιάζει αύξηση, σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος των υλικών ζημιών ανά τον κόσμο,

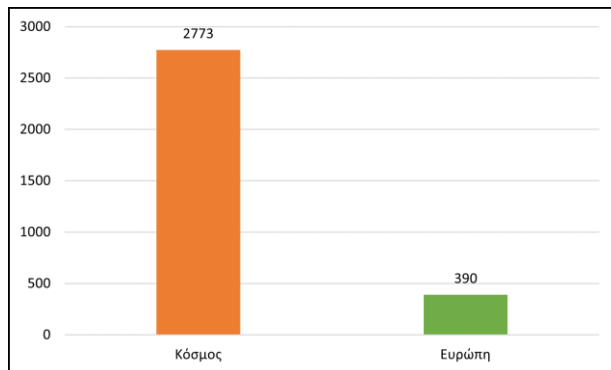
τουλάχιστον ποσοστιαία (34.2 %). Στην Ευρώπη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2δ, ο πληθυσμός που επηρεάζεται από τις πλημμύρες είναι λιγότερος από τον πληθυσμό που επηρεάζεται από τις πλημμύρες παγκοσμίως, αφού το ποσοστό δεν ξεπερνάει κατά πολύ το ένα τέταρτο (26.3 %).



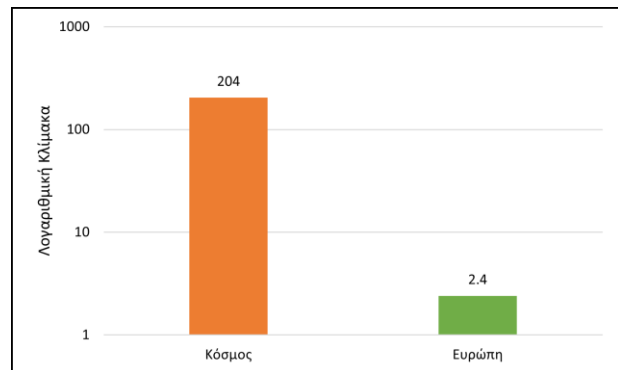
Εικόνα 2: Για την περίοδο 1980 - 2008 στην Ευρώπη (α) αριθμός γεγονότων φυσικών καταστροφών, (β) αριθμός θανάτων λόγω φυσικών καταστροφών, (γ) κόστος ζημιών λόγω φυσικών καταστροφών και (δ) επηρεασθείς πληθυσμός λόγω φυσικών καταστροφών (Πηγή: Διακάκης, 2012)

Στην Εικόνα 3α, παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των πλημμυρικών φαινομένων ανά τον κόσμο, για τη χρονική περίοδο 1975 μέχρι και το 2006, και στην Ευρώπη, για τη χρονική περίοδο 1980 μέχρι και το 2008. Παγκοσμίως, τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι

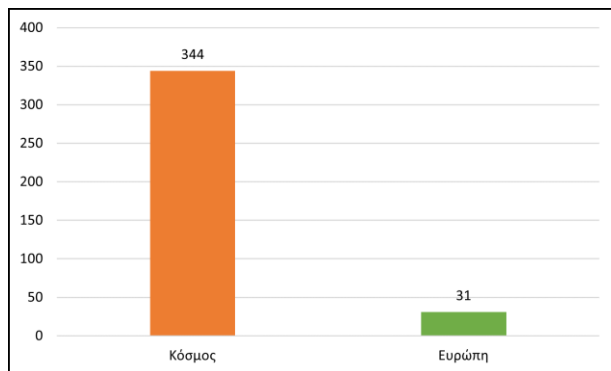
παραπάνω από 7 φορές περισσότερα, σε σχέση με εκείνα της Ευρώπης. Στην Εικόνα 3β, φαίνεται ο αριθμός των θανάτων, τόσο στον κόσμο για το χρονικό διάστημα 1975 μέχρι και το 2006, όσο και στην Ευρώπη για το χρονικό διάστημα 1980 μέχρι και το 2008, και ο οποίος αριθμός μετριέται σε χιλιάδες (λογαριθμική κλίμακα). Ο αριθμός των θυμάτων στην Ευρώπη είναι, περίπου, 10 φορές μικρότερες από τον αριθμό των θυμάτων παγκοσμίως. Στην Εικόνα 3γ, φαίνεται το κόστος των υλικών ζημιών, για τα ίδια χρονικά διαστήματα με τις Εικόνες 3α και 3β, τόσο στον κόσμο, όσο και στην Ευρώπη, σε δισεκατομμύρια δολάρια (US\$). Στην Ευρώπη, το κόστος των ζημιών είναι μικρότερο, κατά, σχεδόν, 10 φορές, σε σχέση με το κόστος των υλικών ζημιών παγκοσμίως. Στην Εικόνα 3δ, αποτυπώνεται, σε λογαριθμική κλίμακα, ο πληθυσμός που επηρεάζεται παγκοσμίως, αλλά και στην Ευρωπαϊκή ήπειρο, και ο οποίος μετριέται σε εκατομμύρια.



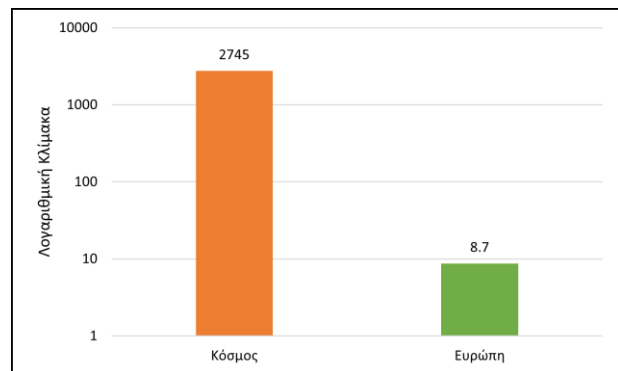
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 3: Ανά τον Κόσμο για το χρονικό διάστημα 1975 – 2006 και στην Ευρώπη για το χρονικό διάστημα 1980 – 2008 (α) αριθμός πλημμυρών, (β) αριθμός θανάτων, (γ) κόστος ζημιών και (δ) επηρεασθείς πληθυσμός (Πηγή: Διακάκης, 2012)

## 1.4 Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο

### 1.4.1 Οδηγία 2000/60/ΕΚ

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), η Οδηγία 2000/60/ΕΚ είναι η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία είναι γνωστή και ως «Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα» και έχει ως στόχο να προστατεύσει και να βελτιώσει την ποιότητα όλων των υδατικών σωμάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, συμπεριλαμβανομένων των λιμνών, των ποταμών, των υπόγειων νερών, αλλά και των μεταβατικών και παράκτιων οικοσυστημάτων. Συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδάτινων

οικοσυστημάτων, αλλά και την γενικότερη καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων, ενώ θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΥΠΕΚΑ, 2017).

Πιο αναλυτικά, οι επιμέρους στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, βάσει του Άρθρου 1, είναι η θέσπιση ενός πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών υδάτων, η αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης των υδάτινων σωμάτων, αλλά και των εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων, αλλά και η προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού, βάσει της μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Επιπλέον, στόχοι της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ είναι και η διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, καθώς και η συμβολή στον μετριασμό των επιπτώσεων των πλημμυρικών φαινομένων και των φαινομένων ξηρασίας αλλά και η εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» (ΥΠΕΚΑ, 2017).

#### **1.4.2 Οδηγία 2007/60/ΕΚ**

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), η Οδηγία 2007/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας ψηφίστηκε στις 23 Οκτωβρίου 2007 και είναι εφαρμόσιμη από τις 22 Νοεμβρίου 2007. Η οδηγία στοχεύει στη θέσπιση ενός πλαισίου μέτρων για τη μείωση των κινδύνων πλημμύρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω της αξιολόγησης των κινδύνων πλημμύρας σε λεκάνες απορροής ποταμού, καθώς και σε παράκτιες περιοχές, τη χαρτογράφηση των περιοχών, οι οποίες κινδυνεύουν από σημαντικές πλημμύρες και την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, βασισμένων στη στενή συνεργασία μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επίσης, απαιτεί από τα κράτη μέλη να αναπτύσσουν και να εφαρμόσουν εθνικά σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας και να καθιερώσουν συστήματα προειδοποίησης για πλημμύρες. Η οδηγία ισχύει για όλους τους τύπους πλημμυρών, συμπεριλαμβανομένων πλημμυρών ποταμών, παραλιακών πλημμυρών, ξαφνικών πλημμυρών και πλημμυρών από έντονη βροχόπτωση (ΥΠΕΚΑ, 2017).

### 1.4.3 Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

Η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να οδηγήσει σε αύξηση της έντασης και του αριθμού των πλημμυρικών φαινομένων. Η θέσπιση μέτρων και ο προγραμματισμός σχεδίων αντιμετώπισης των επιπτώσεων των πλημμυρών κρίνεται ως επιτακτική ανάγκη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Έτσι, με σκοπό την προστασία των ανθρώπινων ζώων, του περιβάλλοντος, της οικονομίας, αλλά και του πολιτισμού, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έθεσε σε ισχύ την Οδηγία 2007/60/ΕΚ. Όπως αναφέρει το ΥΠΕΚΑ (2017), οι κύριες απαιτήσεις, της εν λόγω Οδηγίας, μοιράζονται σε τρία στάδια:

- **1ο Στάδιο:** Η εκτίμηση της επικινδυνότητας των πλημμυρικών φαινομένων στις λεκάνες απορροής των ποταμών και των παράκτιων περιοχών, καθώς και ο καθορισμός των περιοχών, οι οποίες μπορεί να πληγούν από πλημμύρες.
- **2ο Στάδιο:** Κατασκευή Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας.
- **3ο Στάδιο:** Οργάνωση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, τα οποία θα είναι ικανά να παρέχουν πλήρη διαχείριση των πλημμυρικών κινδύνων και θα στοχεύουν στην πρόληψη και στην προστασία των πληγεισών περιοχών, λαμβάνοντας υπόψη τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε λεκάνης απορροής της ευρύτερης περιοχής.

Ειδικότερα, σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ) είναι το βασικότερο εργαλείο οργάνωσης των μέτρων που οφείλουν να θεσπιστούν για την ανάπτυξη μηχανισμών αντιμετώπισης των αρνητικών επιπτώσεων των πλημμυρικών φαινομένων. Σημαντικό είναι να σημειωθεί το γεγονός ότι τα ΣΔΚΠ καταρτίζονται στο επίπεδο του κάθε Υδατικού Διαμερίσματος της χώρας, για τις περιοχές, όπου δυνητικά υπάρχει η πιθανότητα πλημμύρας ή σοβαροί κίνδυνοι από αυτές. Οι στόχοι των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας είναι η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και, όπου είναι δυνατό, η πρόληψή τους. Σε συνδυασμό με την οδηγία 2000/60/ΕΚ, και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής, τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας

αποσκοπούν στην εφαρμογή των καταλληλότερων λύσεων, χωρίς να επιβαρύνουν τους υδατικούς πόρους ή το ευρύτερο περιβάλλον.

### **1.5 Επικινδυνότητα Πλημμύρας – Κίνδυνος Πλημμύρας**

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), ως Επικινδυνότητα Πλημμύρας ορίζεται η πιθανότητα να πληγεί μία περιοχή από ένα πλημμυρικό φαινόμενο. Η πιθανότητα αυτή ποσοτικοποιείται μέσω της ταχύτητας ροής, καθώς και άλλων υδρολογικών χαρακτηριστικών (π.χ. το ύψος της βροχόπτωσης, η ένταση και η διάρκεια της βροχόπτωσης, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, η διήθηση του εδάφους).

Ως Κίνδυνος Πλημμύρας ορίζεται η πιθανότητα να συμβεί ένα πλημμυρικό φαινόμενο και, ταυτόχρονα, να εμφανιστούν δυσμενείς επιπτώσεις στην ακεραιότητα της ανθρώπινης ζωής, στο φυσικό ή ανθρωπογενές περιβάλλον, τον πολιτιστικό πλούτο, αλλά και την διατάραξη των ομαλών οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων της περιοχής (ΥΠΕΚΑ, 2017).





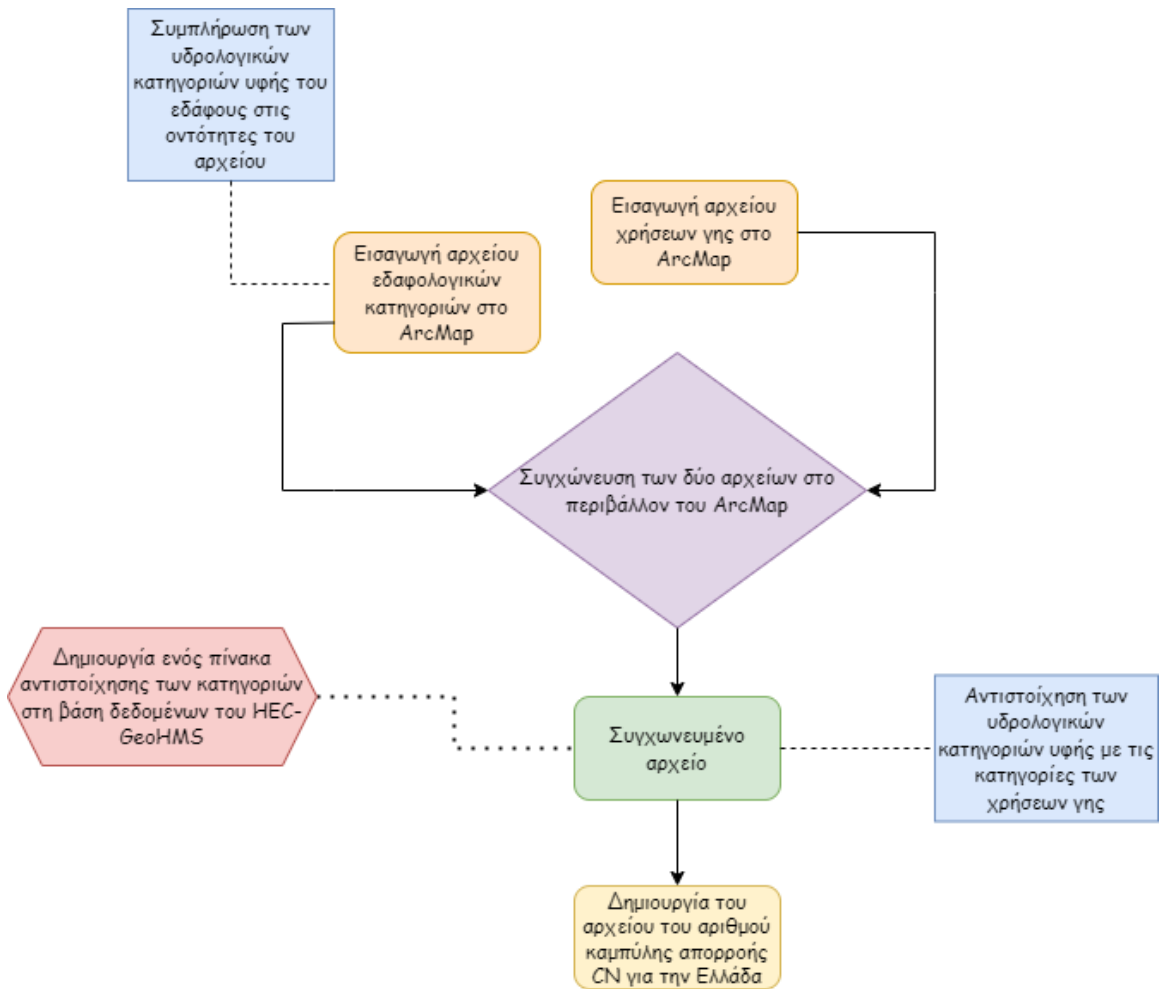
## **2. Θεωρητικό Υπόβαθρο**

### **2.1 Μεθοδολογικό Πλαίσιο**

#### **2.1.1 Εκτίμηση Αριθμού Καμπύλης Απορροής CN**

Για την εκτίμηση του αριθμού καμπύλης απορροής CN, χρησιμοποιήθηκαν τα διανυσματικά αρχεία των εδαφολογικών κατηγοριών της Ελλάδας, αλλά και των χρήσεων γης της. Το αρχείο με τις εδαφολογικές κατηγορίες που χρησιμοποιήθηκε είναι το αρχείο, το οποίο προέκυψε από την επεξεργασία δύο βάσεων δεδομένων: (i) της παγκόσμιας βάσης Harmonized World Soil Database (HWSD) και (ii) της παγκόσμιας βάσης Digital Soil Map of the World (DSMW). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής (Εικόνα 4).

Αρχικά, έγινε εισαγωγή των αρχείων του εδάφους και των χρήσεων γης σε περιβάλλον Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ, Geographic Information System – GIS). Στο αρχείο του εδάφους δημιουργήθηκε καινούργιο field και έγινε συμπλήρωση των υδρολογικών κατηγοριών υφής του εδάφους. Στη συνέχεια και με την εντολή Union, πραγματοποιήθηκε η συγχώνευση των δύο αρχείων και στο νέο συγχωνευμένο αρχείο έγινε αντιστοίχιση των υδρολογικών κατηγοριών υφής του εδάφους με τις κατηγορίες των χρήσεων γης (Corine Land Cover – CLC). Τελικά, πραγματοποιήθηκε η κατάρτιση του χάρτη του αριθμού καμπύλης απορροής (Curve Number – CN) για την Ελλάδα.

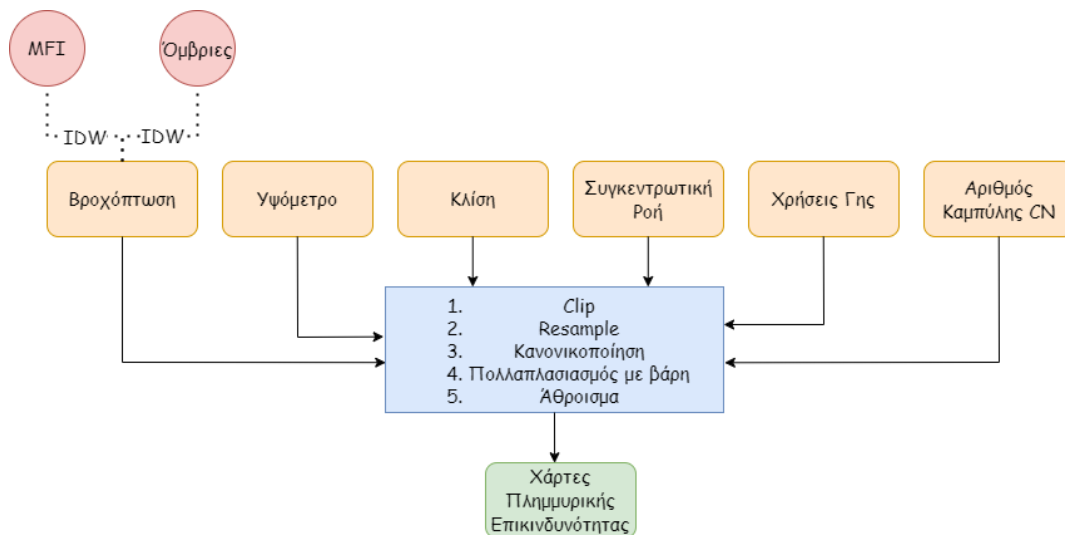


Εικόνα 4: Μεθοδολογικό πλαίσιο για την εκτίμηση του Αριθμού Καμπύλης Απορροής (CN)

### 2.1.2 Κατάρτιση Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

Για την κατάρτιση των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας, χρησιμοποιήθηκαν τα ψηφιακά αρχεία των υψομέτρων και των κλίσεων, των χρήσεων γης, της συγκεντρωτικής ροής, το παραγόμενο αρχείο αριθμού καμπύλης απορροής CN (Κεφάλαιο 2.1.1), καθώς και τα ψηφιακά αρχεία των βροχοπτώσεων, όπως προκύπτουν από την εφαρμογή του δείκτη Modified Fournier Index (MFI), αλλά και από την εφαρμογή των εξισώσεων των όμβριων καμπύλων των σταθμών που βρίσκονται στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής (EL06). Τόσο για την βροχόπτωση, όπως προκύπτει από τη χρήση του δείκτη MFI, όσο και για την ένταση της βροχόπτωσης, όπως προκύπτει από τη χρήση των όμβριων καμπύλων

του κάθε σταθμού, πραγματοποιήθηκε η χωρική κατανομή με τη μέθοδο Inverse Distance Weighting (IDW). Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η στατιστική διαδικασία της κανονικοποίησης, για να αποκτήσουν τα ψηφιακά αρχεία ακέραιο εύρος τιμών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η μετατροπή τους σε διανυσματικά. Τέλος, πολλαπλασιάστηκαν με τα βάρη τους και, τελικά, αθροίστηκαν, σε περιβάλλον GIS, έτσι ώστε να προκύψουν οι τελικοί χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για το υδατικό διαμέρισμα της Αττικής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα ροής (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Μεθοδολογικό πλαίσιο κατάρτισης Χαρτών Πλημμυρικής Επικινδυνότητας

## 2.2 Μέθοδοι Εκτίμησης Απωλειών Βροχής

Η εκτίμηση των απωλειών των βροχοπτώσεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα (Τσακίρης και Βαγγέλης, 2009), το οποίο εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, όσο και από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (Τσακίρης και Βαγγέλης, 2009). Το περίσσειμα της βροχής μπορεί να υπολογιστεί μέσω διάφορων δεικτών απωλειών, οι οποίοι είναι εφαρμόσιμοι σε οποιαδήποτε λεκάνη ή/και βροχή (Τσακίρης και Βαγγέλης, 2009).

### 2.3 Εκτίμηση Περισεύματος της Βροχής με τη Μέθοδο SCS – CN

Η υπηρεσία Soil Conservation Service (SCS) του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής πρότεινε τη μέθοδο SCS – CN, η οποία χρησιμοποιεί ως δεδομένα το ύψος της βροχής, την αρχική υγρασία του εδάφους, καθώς και την υδρολογική κατηγορία του εδάφους. Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), ο αριθμός καμπύλης απορροής CN είναι ένας αδιάστατος αριθμός, ο οποίος εκφράζει το υδρολογικό σύμπλοκο εδάφους – φυτοκάλυψης και προκύπτει από τον υδρολογικό τύπο του εδάφους (διηθητικότητα), τις χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης, καθώς και την προηγούμενη υγρασιακή κατάσταση της περιοχής. Ο αριθμός καμπύλης απορροής (CN) υπολογίζεται για μέσες προηγούμενες συνθήκες εδαφικής εργασίας (CN<sub>II</sub>) σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$h_R = \frac{(h_r - 0.2 \times S)^2}{(h_r + 0.8 \times S)} \quad \text{για } h_r > 0.2 \times S \quad (1)$$

$$h_R = 0 \quad \text{για } h_r < 0.2 \times S$$

όπου:

$h_R$ , όγκος άμεσης απορροής εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος (mm)

$h_r$ , όγκος βροχόπτωσης εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος (mm)

$S$ , συνολικές απώλειες εκφρασμένες με την βοήθεια του αριθμού καμπύλης CN, όπου:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)}$$

Η Αρχική Κατάσταση Υγρασίας χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, με βάση το ύψος της βροχής τις τελευταίες πέντε ημέρες όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Κατηγορίες με βάση την Αρχική Κατάσταση Υγρασίας του εδάφους (Πηγή: Τσακίρης, 2013)

Κατηγορία	Ύψος βροχής τις τελευταίες 5 ημέρες (mm)	
	Χειμερινή Περίοδος	Περίοδος Βλάστησης
I (Ξηρές συνθήκες)	< 13	< 35
II (Κανονικές συνθήκες)	13 – 28	35 – 53
III (Υγρές συνθήκες)	> 28	> 53

Πέρα από την κατηγοριοποίηση με βάση την αρχική κατάσταση υγρασίας, το έδαφος μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις κατηγορίες από υδρολογική σκοπιά, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Υδρολογικές Κατηγορίες Εδαφών (Πηγή: Τσακίρης, 2013)

Κατηγορία	Περιγραφή
A	Υψηλή διηθητικότητα και διαπερατότητα Αμμώδη ή χαλικώδη εδάφη
B	Μέση διηθητικότητα και διαπερατότητα Εδάφη μέσης ή ελαφράς σύστασης
C	Μικρή διηθητικότητα και διαπερατότητα Εδάφη μέσης ή βαριάς σύστασης

Κατηγορία	Περιγραφή
D	Πολύ μικρή διηθητικότητα και διαπερατότητα  Αργιλώδη εδάφη ή εδάφη με υψηλή στάθμη υπογείου νερού ή εδάφη με αδιαπέρατο στρώμα

Μέσω του αριθμού καμπύλης απορροής για μέσες συνθήκες ( $CN_{II}$ ), μπορεί να υπολογιστεί, τόσο ο αριθμός καμπύλης απορροής για ξηρές συνθήκες ( $CN_I$ ), όσο και ο αριθμός καμπύλης απορροής για υγρές συνθήκες ( $CN_{III}$ ). Οι εξισώσεις που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκαν σε περιβάλλον GIS, για να γίνει δυνατή η κατάρτιση των αντίστοιχων χαρτών (ΥΠΕΚΑ, 2017):

$$CN_I = \frac{4.2 \times CN_{II}}{10 - 0.058 \times CN_{II}} \quad (2)$$

$$CN_{III} = \frac{23 \times CN_{II}}{10 + 0.13 \times CN_{II}} \quad (3)$$

Ο αριθμός καμπύλης απορροής για ξηρές συνθήκες ( $CN_I$ ) εκφράζει τον αριθμό καμπύλης απορροής για ξηρές προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας, ενώ ο αριθμός καμπύλης απορροής για υγρές συνθήκες ( $CN_{III}$ ) εκφράζει, αντίστοιχα, τον εν λόγω αριθμό για υγρές προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας (Zeng et al., 2017).

## 2.4 Ένταση Βροχόπτωσης

### 2.4.1 Modified Fournier Index (MFI)

Ο Τροποποιημένος Δείκτης Fournier (MFI) αντιπροσωπεύει το λόγο μεταξύ της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο δείκτη της έντασης της βροχόπτωσης (Fernandez et al., 2018). Η χρήση του δεν ενδείκνυται σε όλες τις περιπτώσεις, αφού μπορεί να κριθεί προβληματική, λόγω της

έλλειψης δεδομένων των βροχοπτώσεων (Fernandez et al., 2018). Ο δείκτης MFI εκτιμάται με βάση την παρακάτω εξίσωση (Kourgialas and Karatzas, 2017):

$$MFI = \sum_1^{12} \frac{p^2}{P} \quad (4)$$

όπου:

$p$ , η μέση μηνιαία βροχόπτωση

$P$ , η μέση ετήσια βροχόπτωση

Τα βροχομετρικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, φαίνονται στους Πίνακες 3 έως 9. Οι Πίνακες 3 έως 9 καταγράφουν τα μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής για τους βροχομετρικούς σταθμούς, τα οποία είναι απαραίτητα για την εφαρμογή του δείκτη MFI. Για τον δείκτη MFI χρησιμοποιήθηκαν 7 βροχομετρικοί σταθμοί: Άγιος Ιερόθεος (Πίνακας 3), Μαρκόπουλο (Πίνακας 4), Γ' Νεκροταφείο Νίκαιας (Πίνακας 5), Πειραιάς (Πίνακας 6), Περιστέρι (Πίνακας 7), Βύρωνας (Πίνακας 8), Χαλάνδρι (Πίνακας 9).

Πίνακας 3: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Αγίου Ιεροθέου και συντεταγμένες του

	1999	2000	Μέσος Όρος Μηνών (mm)
Ιανουάριος	60.3	22.6	41.5
Φεβρουάριος	28.5	17.1	22.8
Μάρτιος	98.5	10.8	54.7
Απρίλιος	14.7	6.4	10.6
Μάϊος	0	2.4	1.2
Ιούνιος	0	8.2	4.1
Ιούλιος	21.3	0	10.7
Αύγουστος	16.0	0	8
Σεπτέμβριος	34.3	24.9	29.6
Οκτώβριος	54.6	30.5	42.6
Νοέμβριος	107.9	41.7	74.8

<b>Δεκέμβριος</b>	50.7	57.9	54.3
<b>Ετήσιο Ύψος Βροχής</b>	486.8	222.5	
<b>Μέσος Όρος Ετών (mm)</b>	40.6	18.5	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
472159.89	4208928.48		107

Πίνακας 4: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Μαρκόπουλου και συντεταγμένες του

	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Μέσος Όρος Μηνών (mm)</b>
<b>Ιανουάριος</b>	35.1	12.4	23.8
<b>Φεβρουάριος</b>	11.0	16.8	13.9
<b>Μάρτιος</b>	116.2	9.7	63
<b>Απρίλιος</b>	0	28	14
<b>Μάϊος</b>	2.2	4.3	3.3
<b>Ιούνιος</b>	0	6.2	3.1
<b>Ιούλιος</b>	32.5	0	16.3
<b>Αύγουστος</b>	0	0	0
<b>Σεπτέμβριος</b>	57.3	0	28.9
<b>Οκτώβριος</b>	18.2	14.1	16.2
<b>Νοέμβριος</b>	32.4	114	73.2
<b>Δεκέμβριος</b>	42	68.2	55.1
<b>Ετήσιο Ύψος Βροχής</b>	346.9	273.7	
<b>Μέσος Όρος Ετών (mm)</b>	28.9	22.8	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
494087.19	4192097		85

Πίνακας 5: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Γ' Νεκροταφείου Νίκαιας και συντεταγμένες του

	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Μέσος Όρος Μηνών (mm)</b>
<b>Ιανουάριος</b>	115.5	0	57.8
<b>Φεβρουάριος</b>	0.5	4.9	2.7



Μάρτιος	3	55.3	29.2
Απρίλιος	20.9	12.8	16.9
Μάϊος	32.6	3.5	18.1
Ιούνιος	15.9	0	7.9
Ιούλιος	0	0	0
Αύγουστος	26.3	0	13.2
Σεπτέμβριος	0	3.5	1.8
Οκτώβριος	28.2	23.5	25.9
Νοέμβριος	3.8	94.9	49.4
Δεκέμβριος	237.7	37.3	137.5
Ετήσιο Ύψος Βροχής	484.4	235.7	
Μέσος Όρος Ετών (mm)	40.4	19.6	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
471844.5	4206276		67.2

Πίνακας 6: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Πειραιά και συντεταγμένες του

	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Μέσος Όρος Μηνών (mm)</b>
Ιανουάριος	54	15.1	34.6
Φεβρουάριος	21.9	8.4	15.2
Μάρτιος	114.4	2	58.2
Απρίλιος	7.4	11.9	9.7
Μάϊος	1.8	0	0.9
Ιούνιος	0	5.6	2.8
Ιούλιος	32.8	0	16.4
Αύγουστος	25.8	0	12.9
Σεπτέμβριος	28.7	5.5	17.1
Οκτώβριος	12	16.3	14.2
Νοέμβριος	80.3	87.8	84.1
Δεκέμβριος	19.3	32.4	25.9
Ετήσιο Ύψος Βροχής	398.4	185	
Μέσος Όρος Ετών (mm)	33.2	15.4	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
470356.2	4199820.29		2

Πίνακας 7: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του  
Περιστερίου και συντεταγμένες του

	1999	2000	Μέσος Όρος Μηνών (mm)
Ιανουάριος	51.3	17.4	34.4
Φεβρουάριος	5.4	14.6	10
Μάρτιος	132.4	8.4	70.4
Απρίλιος	10.3	9.1	9.7
Μάϊος	0.5	0	0.3
Ιούνιος	0	14.2	7.1
Ιούλιος	26.6	0	13.3
Αύγουστος	7.3	0	3.7
Σεπτέμβριος	58.6	0	29.3
Οκτώβριος	34.7	18.9	26.8
Νοέμβριος	45.4	125.7	85.6
Δεκέμβριος	86.5	0	43.3
Ετήσιο Ύψος Βροχής	459	208.3	
Μέσος Όρος Ετών (mm)	38.3	17.4	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
472656.69	4207387.5		75.4

Πίνακας 8: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του  
Βύρωνα και συντεταγμένες του

	1999	2000	Μέσος Όρος Μηνών (mm)
Ιανουάριος	33	11.5	22.3
Φεβρουάριος	7	7.6	7.3
Μάρτιος	180.6	9	94.8
Απρίλιος	15.2	8.3	11.8
Μάϊος	0.3	3.8	2.1
Ιούνιος	0	10.2	5.1
Ιούλιος	30.7	0	15.4
Αύγουστος	17.2	0	8.6
Σεπτέμβριος	15.8	0	7.9
Οκτώβριος	18.7	23.2	20.9
Νοέμβριος	33.6	107.9	70.8
Δεκέμβριος	41.2	52.6	46.9

<b>Ετήσιο Ύψος Βροχής</b>	393.3	233.5	
<b>Μέσος Όρος Ετών (mm)</b>	32.8	19.5	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
480042.41	4200743.5		226.4

Πίνακας 9: Μηνιαία και ετήσια ύψη βροχής (mm) για τον βροχομετρικό σταθμό του Χαλανδρίου και συντεταγμένες του

	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>Μέσος Όρος Μηνών (mm)</b>
<b>Ιανουάριος</b>	45.6	16	30.8
<b>Φεβρουάριος</b>	20.5	10.2	15.4
<b>Μάρτιος</b>	115.2	10.3	62.8
<b>Απρίλιος</b>	7.6	10.3	8.9
<b>Μάιος</b>	12.1	5.7	8.9
<b>Ιούνιος</b>	0	11.9	5.9
<b>Ιούλιος</b>	60.1	0	30.1
<b>Αύγουστος</b>	53.3	0	26.7
<b>Σεπτέμβριος</b>	30.2	0	15.1
<b>Οκτώβριος</b>	19.2	31.4	25.3
<b>Νοέμβριος</b>	34.5	132.1	83.3
<b>Δεκέμβριος</b>	50.6	66.2	58.4
<b>Ετήσιο Ύψος Βροχής</b>	448.9	294.1	
<b>Μέσος Όρος Ετών (mm)</b>	37.4	24.5	
<b>Συντεταγμένες</b>			
<b>X</b>	<b>Y</b>		<b>Z</b>
482215.81	4210169.5		189.3

#### 2.4.2 Όμβριες Καμπύλες

Σύμφωνα με το ΥΠΕΚΑ (2017), οι όμβριες καμπύλες είναι καμπύλες έντασης ( $i$ ), διάρκειας ( $d$ ) και περιόδου επαναφοράς ( $T$ ) των βροχοπτώσεων και αποτελούν βασική προϋπόθεση για την εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Η κατάρτιση των όμβριων καμπύλων βασίζεται στη συλλογή και επεξεργασία χρονοσειρών ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων σε διάφορες διάρκειες (ΥΠΕΚΑ, 2017). Οι διάρκειες

αυτές κυμαίνονται από μία ελάχιστη διάρκεια 5 – 60 λεπτών έως μια μέγιστη 24 – 48 ωρών (ΥΠΕΚΑ, 2017). Δηλαδή, για μια διάρκεια  $d$  βρίσκεται το ετήσιο μέγιστο ύψος βροχής  $h$  (mm), το οποίο είναι το μέγιστο ύψος της βροχής που πραγματοποιήθηκε σε ένα υδρολογικό έτος (ΥΠΕΚΑ, 2017). Η επανάληψη αυτής της διαδικασίας, για τα έτη που υπάρχουν δεδομένα, οδηγεί στη διαμόρφωση ενός στατιστικού δείγματος ετήσιων μέγιστων υψών ή εντάσεων βροχής (ΥΠΕΚΑ, 2017). Η συνάρτηση κατανομής που χρησιμοποιείται για την κατάρτιση των όμβριων καμπύλων είναι η Γενική Ακραίων Τιμών (ΥΠΕΚΑ, 2017).

Η κατάρτιση των όμβριων καμπυλών βασίζεται στη γενική συναρτησιακή σχέση (ΥΠΕΚΑ, 2017):

$$i = \frac{\alpha(T)}{b(d)} \quad (5)$$

όπου:

$i$  (mm/h), η ένταση βροχής

$d$  (h), η διάρκεια

$T$  (έτη), η περίοδος επαναφοράς

$\alpha(T)$  και  $b(d)$ , οι συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της διάρκειας, αντίστοιχα

Η τελική γενική έκφραση των όμβριων καμπυλών είναι:

$$i = \frac{\lambda' (T^\kappa - \psi')}{(1 + \frac{d^\theta}{\theta})} \quad (6)$$

όπου  $\kappa$ ,  $\lambda'$ ,  $\psi'$ ,  $\theta$  και  $\eta$  παράμετροι.

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις τιμές των παραμέτρων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της αναλυτικής συνάρτησης των όμβριων καμπύλων. Για τις όμβριες καμπύλες χρησιμοποιήθηκαν 23 βροχομετρικοί σταθμοί (Ελευσίνα, Μάνδρα, Ψυττάλεια,

Νέα Φιλαδέλφεια, Άνω Λιόσια, Γ' Νεκροταφείο Νίκαιας, Περιστέρι, Λόφος Νυμφών, Μενίδι, Ελληνικό, Τατόι, Γαλάτσι, Ηλιούπολη, Βύρωνας, Ζωγράφου, Χαλάνδρι, Πεντέλη, Άγιος Νικόλαος, Πεντέλη Δ.Β., Πικέρμι, Μαρκόπουλο, Πειραιάς, Άγιος Ιερόθεος).

Πίνακας 10: Παράμετροι των εξισώσεων των όμβριων καμπύλων

Βροχομετρικός Σταθμός	κ	λ'	ψ'	θ	η
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	0.125	171.4	0.695	0.124	0.622
ΜΑΝΔΡΑ	0.125	213.4	0.641	0.124	0.622
ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ	0.125	160	0.759	0.124	0.622
ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	0.125	195.5	0.72	0.124	0.622
ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΑ	0.125	229.8	0.678	0.124	0.622
Γ' ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ ΝΙΚΑΙΑΣ	0.125	101.1	0.55	0.124	0.622
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	0.125	124.8	0.694	0.124	0.622
ΛΟΦΟΣ ΝΥΜΦΩΝ	0.125	163	0.698	0.124	0.622
ΜΕΝΙΔΙ	0.097	334.6	0.771	0.124	0.622
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	0.125	216.9	0.735	0.124	0.622
ΤΑΤΟΪ	0.097	289.7	0.792	0.124	0.622
ΓΑΛΑΤΣΙ	0.125	142.4	0.57	0.124	0.622
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	0.07	365.3	0.881	0.124	0.622
ΒΥΡΩΝΑΣ	0.07	282.1	0.828	0.124	0.622
ΖΩΓΡΑΦΟΥ	0.125	266.7	0.699	0.124	0.622
ΧΑΛΑΝΔΡΙ	0.125	135.7	0.63	0.124	0.622
ΠΕΝΤΕΛΗ	0.097	375.4	0.809	0.124	0.622
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	0.097	300.2	0.758	0.124	0.622
ΠΕΝΤΕΛΗ Δ.Β.	0.097	360.7	0.739	0.124	0.622
ΠΙΚΕΡΜΙ	0.097	236	0.727	0.124	0.622
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	0.07	275.8	0.805	0.124	0.622
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	0.125	99.1	0.534	0.124	0.622
ΑΓΙΟΣ ΙΕΡΟΘΕΟΣ	0.125	140.7	0.583	0.124	0.622

## 2.5 Δείκτης Σύγκρισης Μοντέλων

Ο δείκτης, ο χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση των χαρτών είναι (Zotou et al., 2020; Horritt and Bates, 2002):

$$F = \frac{(S_{mod} \cap S_{obs})}{(S_{mod} \cup S_{obs})} \times 100 \quad (7)$$

όπου:

$S_{mod}$ , η έκταση των περιοχών με δυνητικά υψηλό κίνδυνο πλημμύρας όπως θα προσδιοριστεί από τη παρούσα μελέτη, και

$S_{obs}$ , η έκταση των περιοχών με δυνητικά υψηλό κίνδυνο πλημμύρας που έχει ήδη προσδιοριστεί από το ΥΠΕΚΑ.

Από τη μία, ο συγκεκριμένος δείκτης σύγκρισης είναι απλός και σαφής, απαιτώντας μόνο τις μετρήσεις των παρατηρούμενων τιμών, δηλαδή εκείνων που έχουν ήδη προσδιορισθεί, καθώς και των τιμών που πρόκειται να προσδιοριστούν από την μελέτη. Από την άλλη, ο ίδιος δείκτης στερείται μιας συνολικής εκτίμησης του μεγέθους και της μεταβλητότητας των διαφορών, αφού δεν συνυπολογίζει τη βαρύτητα των διαφορών μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών και των τιμών που πρόκειται να υπολογιστούν.

Εδώ, πρέπει να τονιστεί ότι η ένωση των δύο περιοχών δεν είναι ίδια με την στατιστική της έννοια. Η ένωση, στην προκειμένη περίπτωση είναι η πρόσθεση των δύο εκτάσεων, δηλαδή της έκτασης των περιοχών με δυνητικά υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, όπως θα προσδιοριστεί από τη παρούσα μελέτη, συν την έκταση των περιοχών με δυνητικά υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, όπως έχει ήδη προσδιοριστεί από το ΥΠΕΚΑ (2017). Η τομή των δύο εν λόγω εκτάσεων ταυτίζεται με τη μαθηματική τους έννοια, δηλαδή με τα κοινά μέρη των δύο εκτάσεων. Στον παρονομαστή, από την ένωση, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, αφαιρείται η έκταση της τομής, έτσι ώστε να προκύψει το τελικό αποτέλεσμα.

## 2.6 Inverse Distance Weighting

Η μέθοδος Inverse Distance Weighting (IDW) ή μέθοδος του πλησιέστερου γείτονα αποτελεί μια συνήθη προσέγγιση χωρικής παρεμβολής, στην οποία αποδίδεται βάρος στα γειτονικά σημεία του δείγματος των μετρήσεων (Σολωμού, 2015). Στη μέθοδο χωρικής παρεμβολής IDW, το κάθε εκτιμώμενο σημείο παρεμβολής έχει μια τοπική επιρροή, η οποία μικραίνει με την αύξηση της απόστασης από τις μετρήσεις του δείγματος (Σολωμού, 2015). Κάθε γνωστή τιμή συμμετέχει με ένα βάρος, σύμφωνα με την απόσταση από το σημείο. Τα περισσότερα κοντινά σημεία έχουν μεγαλύτερο βάρος.

$$Z(x) = \frac{\sum_i w_i z_i}{\sum_i w_i} \quad (8)$$

όπου:

$w_i$ , το βάρος της εκάστοτε τιμής, όπου:

$$w_i = \frac{1}{d_i^2}$$

$d_i$ , η απόσταση μεταξύ των τιμών

$z_i$ , η εκάστοτε τιμή

## 2.7 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.7.1 Υπολογισμός Αριθμού Καμπύλης Απορροής CN

Οι Zeng et al. (2017) ανέπτυξαν μια παγκόσμια βάση δεδομένων για τον αριθμό καμπύλης απορροής (CN). Χρησιμοποίησαν τα πιο πρόσφατα τηλεπισκοπικά γεωχωρικά δεδομένα, όπως τις καλύψεις γης, οι οποίες προκύπτουν από τα δεδομένα του Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) και πιο συγκεκριμένα από τη βάση δεδομένων Land Cover Yearly L3 Global 500 m (MCD 12Q1) του 2013 μαζί με την κατηγοριοποίηση της βλάστησης, η οποία προκύπτει από την International Geosphere – Biosphere Programme (IGBP), καθώς και τις εδαφολογικές πληροφορίες παγκοσμίως, όπως προκύπτουν από τη βάση δεδομένων των εδαφικών χαρακτηριστικών Harmonized

World Soil Database (HWSD). Οι μηδενικές τιμές της HWSD συμπληρώθηκαν με χρήση δεδομένων από την παγκόσμια βάση Digital Soil Map of the World (DSMW) του Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους αντλήθηκε από ένα από τα πιο πρόσφατα δορυφορικά προγράμματα της National Aeronautics and Space Administration (NASA), το οποίο ονομάζεται Soil Moisture Active and Passive (SMAP) του 2015. Για να μπορέσουν να επικυρώσουν τη δυνατότητα της βάσης δεδομένων CN, που ανέπτυξαν, για πρόβλεψη πλημμυρών, οι Zeng et al. (2017) συλλέξαν 588 πλημμυρικά φαινόμενα στην Κίνα, για την χρονική περίοδο 2011 – 2015, στα οποία περιέχονταν η τοποθεσία και η ώρα του κάθε γεγονότος. Σύμφωνα με τους Zeng et al. (2017), ο παράγοντας της υδρολογικής κατηγορίας υφής (Hydrological Soil Group – HSG) και της χρήσης γης είναι οι πιο σημαντικοί στον προσδιορισμό του αριθμού καμπύλης απορροής (CN). Το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (United States Department of Agriculture – USDA) καθιέρωσε ένα σύστημα ταξινόμησης του εδάφους σε 12 κατηγορίες, ανάλογα με την υφή τους. Με την συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση, καθώς και με τον πίνακα, που προέκυψε από τη μελέτη των Hong and Adler (2008), έγινε ο προσδιορισμός των τιμών του CN. Οι Zeng et al. (2017) κατέδειξαν πως τα δεδομένα που ανέπτυξαν μπορούν να εφαρμοσθούν και σε άλλες περιοχές του κόσμου, γεγονός το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την έγκαιρη εκτίμηση πλημμυρικών φαινομένων. Οι Zeng et al. (2017) θεώρησαν πως το γεγονός ότι τα αποτελέσματά τους είναι διαφορετικά από εκείνα των Hong and Adler (2008) μπορεί να οφείλεται σε μεταβολές στις εδαφολογικές ιδιότητες και στις καλύψεις της γης, λόγω της κλιματικής αλλαγής και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων κατά τη δεκαετία του 2000. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της έρευνας τους κατέδειξαν πως οι περιοχές με τη μεγαλύτερη απορροή είναι εκείνες όπου υπάρχει υψηλότερη κατακρήμνιση και μεγαλύτερη εδαφική υγρασία. Τέλος, η βάση δεδομένων των Zeng et al. (2017) αποτελεί και μια βάση για ρύθμιση των τιμών CN, αν συνυπολογιστούν παράγοντες όπως η φυτοκάλυψη και η αδιαπερατότητα της επιφάνειας του εδάφους, με απώτερο σκοπό την βελτίωση της απόδοσης της μεθόδου



NSCR – CN στην εκτίμηση της απορροής και σε περαιτέρω υδρολογικές εφαρμογές σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι Jaafar et al. (2019) ανέπτυξαν ένα νέο σύνολο παγκόσμιων δεδομένων αριθμών καμπύλης CN (GCN250), χρησιμοποιώντας τα νεότερα δεδομένα σε ό,τι αφορά τις χρήσεις γης (2015) από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA) σε ανάλυση 300 m. Η βάση δεδομένων (GCN250) που δημιουργήθηκε, παρουσιάζει τις τιμές του CN σε παγκόσμιο επίπεδο και σε χωρική ανάλυση 250 m υπό ξηρές (CN<sub>I</sub>), μέσες (CN<sub>II</sub>) και υγρές (CN<sub>III</sub>) προηγούμενες συνθήκες υγρασίας. Σύμφωνα με τους Jaafar et al. (2019) τα νέα δεδομένα για τις τιμές του CN ανά τον κόσμο είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην επιστημονική κοινότητα, λόγω του ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την εκτίμηση των χρονικών μεταβολών στην απορροή σε παγκόσμιο, τοπικό και σε επίπεδο λεκάνης. Οι χρήσεις της βάσης δεδομένων των Jaafar et al. (2019) είναι πολύτιμη για την υδρολογική ανάλυση και ο σχεδιασμός, η εκτίμηση κινδύνων πλημμύρας, η κατάρτιση χαρτών, η διαχείριση υδάτων των λεκανών απορροής και άλλες σχετικές εφαρμογές.

Στη μελέτη των Hong and Adler (2008) υλοποιήθηκε η κατάρτιση ενός παγκόσμιου χάρτη CN. Η κατάρτιση αυτή πραγματοποιήθηκε, κυρίως, με βάση τις ιδιότητες του εδάφους και με τις χρήσεις γης, υπό μέσες συνθήκες, καθώς και με βάση τα δεδομένα από το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (USDA) και το Κεφάλαιο 4 του εγχειρίδιου National Engineering Handbook (NEH-4). Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους υπολόγισαν την παγκόσμια απορροή, με την θεώρηση πως ο υετός είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος στα 100 mm, καθώς και το ότι η απορροή είναι μια συνάρτηση της κατακρήμνισης και του CN για πολλαπλές λεκάνες. Μερικής εφαρμογές, στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο παραγόμενος χάρτης των Hong and Adler (2008), είναι η εκτίμηση της πιθανότητας πλημμύρας για περιοχές χωρίς τοπικά δεδομένα.

Οι Fan et al. (2013) ανέπτυξαν ένα μοντέλο προσομοίωσης της σχέσης απορροής και βροχόπτωσης βασισμένοι στον αριθμό καμπύλης απορροής CN από την υπηρεσία του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (SCS – CN), για την ανάλυση της απορροής της βροχόπτωσης στην περιοχή Guangzhou της Κίνας. Σύμφωνα

με τους Fan et al. (2013), στο συγκεκριμένο μοντέλο, ο αριθμός CN είναι μια βασική μεταβλητή. Ο πίνακας που καταγράφει τις τιμές του CN και τον οποίο χρησιμοποιούν οι Fan et al. (2013), παρουσιάζει περιορισμούς στον χαρακτηρισμό σύνθετων αστικών περιβαλλόντων και στην κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, με αποτέλεσμα το μοντέλο SCS – CN να μην μπορεί να παρέχει περισσότερο λεπτομερείς πληροφορίες για την απορροή. Έτσι, οι Fan et al. (2013) ανέπτυξαν μία μέθοδο υπολογισμού του CN με τη χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων βλάστησης, αδιαπερατότητας και εδάφους (Vegetation-Impervious surface-Soil – V-I-S). Πιο συγκεκριμένα, η εξαγωγή των εικόνων V-I-S επιτυγχάνεται μέσω του δορυφόρου Landsat - 5, ενώ ο προσδιορισμός των τιμών CN γίνεται συνυπολογίζοντας τους τύπους βλάστησης και εδάφους, καθώς και τα τμήματα των εικόνων V-I-S. Τα πειράματα των Fan et al. (2013) κατέδειξαν ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι εύχρηστη και μέσα από αυτή μπορεί να προκύψουν τιμές των καμπύλων απορροής CN με αποτελεσματικό τρόπο.

### **2.7.2 Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας**

Οι Kourgialas and Karatzas (2017) πρότειναν μία μεθοδολογία αξιολόγησης του κινδύνου πλημμύρας σε εθνική κλίμακα, χρησιμοποιώντας μία μέθοδο πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε σε περιβάλλον ΣΓΠ, ενώ τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν έχουν άμεση σχέση με την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων. Οι Kourgialas and Karatzas (2017) χρησιμοποίησαν, ως κριτήρια, τους παράγοντες της συσσώρευσης ροής, του υψομέτρου, της κλίσης του εδάφους, της διαβρωσιμότητάς του εδάφους, των χρήσεων γης, της έντασης της βροχόπτωσης, καθώς και της διαθέσιμης υδάτινης χωρητικότητας. Ο κίνδυνος πλημμύρας για τους παραπάνω παράγοντες, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση θεματικών χαρτών, ταξινομήθηκε σε πέντε κατηγορίες οι οποίες είναι: (i) πολύ χαμηλή, (ii) χαμηλή, (iii) μέτρα, (iv) υψηλή και (v) πολύ υψηλή. Έτσι, κατέληξαν σε ένα συνολικό χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για την Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της μελέτης επαληθεύτηκαν με βάση τα καταγεγραμμένα πλημμυρικά γεγονότα, του τελευταίου αιώνα, στην Ελλάδα. Η κατάρτιση του επιθυμητού χάρτη, σύμφωνα με τους Kourgialas and Karatzas (2017), έγκειται στην

επιτακτική ανάγκη για θέσπιση καταλληλότερων μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και προσεγγίσεων πολιτικής προσαρμογής, για τις περιοχές, που βρίσκονται στις ζώνες των δυνητικά υψηλών κινδύνων πλημμύρας.

Μία μελέτη, με ανάλογη μεθοδολογία, πραγματοποιήθηκε, επίσης, από τους Kourgialas and Karatzas (2016), με σκοπό την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας στην Κρήτη. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η συσσώρευση επιφανειακής ροής, η ένταση της βροχόπτωσης, το υψόμετρο, η γεωλογία, οι χρήσεις γης και η κλίση του εδάφους. Οι παραγόμενοι θεματικοί χάρτες συνδυάστηκαν για την κατάρτιση του χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Αξίζει να τονισθεί, πως ο συγκεκριμένος χάρτης αποτελεί σημαντικό εργαλείο στην λήψη αποφάσεων για την εφαρμογή μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας στις περιοχές της Κρήτης, όπου υπάρχουν καλλιέργειες οπωροφόρων δένδρων, οι οποίες αποτελούν σπουδαίο οικονομικό πόρο.

Αντίστοιχη μεθοδολογία εφαρμόστηκε, από τους Kourgialas and Karatzas (2011), για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Κοιλιάρη, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα εκτιμήθηκε με βάση τα κριτήρια της γεωλογίας, των χρήσεων γης, του υψομέτρου, της κλίσης του εδάφους, της έντασης της βροχόπτωσης, καθώς και της συσσώρευσης της επιφανειακής ροής. Η ευρύτερη περιοχή μελέτης κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε υποκατηγορίες, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικές βαθμίδες πλημμυρικής επικινδυνότητας, η οποίες κυμαίνονται από πολύ χαμηλή έως πολύ υψηλή (Kourgialas and Karatzas 2011). Ο παραγόμενος χάρτης των Kourgialas and Karatzas (2011) προσδιορίζει τις περιοχές, που είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε πλημμύρες. Η προτεινόμενη μεθοδολογία των Kourgialas and Karatzas (2011) μπορεί να εφαρμοσθεί σε οποιαδήποτε λεκάνη απορροής.

Με σκοπό τον προσδιορισμό των επιρρεπών σε πλημμύρες περιοχών, το οποίο είναι θεμελιώδες συστατικό για τον ορθολογικό αστικό σχεδιασμό και την κατάλληλη πολιτική διαχείρισης των φυσικών καταστροφών, πραγματοποιήθηκε και η έρευνα των Feloni et al. (2020). Η περιοχή μελέτης ήταν το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής, η οποία, με την πάροδο των ετών, πλήττεται συχνά από πλημμύρες. Η προσέγγιση των Feloni et al.

(2020) παρουσιάζει μια διαφορά σε σχέση τις προαναφερθείσες, αφού λαμβάνει υπόψη, κυρίως, στατικά δεδομένα, όπως είναι η τοπογραφία της περιοχής και η κατανομή της κάλυψης γης, και μπορεί να προσαρμοστεί σε μη μετρούμενες λεκάνες απορροής. Έτσι, αναπτύχθηκε ένα πολυκριτηριακό μοντέλο, μέσω περιβάλλοντος ΣΓΠ, με σκοπό να αξιολογηθεί η πλημμυρική τρωτότητα για το Υδατικό Διαμέρισα της Αττικής. Επιπλέον, οι Feloni et. al. (2020) εξέτασαν διάφορα σενάρια, σχετικά με την κανονικοποίηση των κριτηρίων, καθώς και την ιεραρχία και την εκτίμηση της βαρύτητας του κάθε παράγοντα. Το πρώτο σενάριο (S.1) επικεντρώνεται στην ένταση της βροχόπτωσης και στη γενική μορφολογία του εδάφους. Το δεύτερο σενάριο (S.2) επικεντρώνεται, κυρίως, στα χαρακτηριστικά του δικτύου ροής, τα οποία προέρχονται από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης. Το τρίτο σενάριο (S.3) είναι ο συνδυασμός των δύο πρώτων σεναρίων. Ακόμη, οι Feloni et. al. (2020) εφάρμοσαν τρεις διαφορετικές μεθόδους αξιολόγησης (Analytical Hierarchy Process - AHP, Fuzzy Analytical Hierarchy Process 1 και 2 - FAHP-1 και FAHP-2) των βαρών των παραγόντων. Και στις τρεις, λόγω της πληθώρας των κριτηρίων, παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα, όταν πραγματοποιούταν κάποια αλλαγή στην ιεραρχία τους, με την μέθοδο FAHP, ωστόσο, να οδηγεί σε, συνολικά, καλύτερη αξιολόγηση, αφού συνυπολογίζει, κυρίως, στατικά δεδομένα που σχετίζονται με πλημμυρικά φαινόμενα.

Η Γρίβα (2021) κατήρτισε, με βάση τη μέθοδο των Kourgialas and Karatzas (2011), έναν χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για την περιοχή του Τυμπακίου της Κρήτης. Στα νοτιοδυτικά είναι παραθαλάσσια ζώνη, ενώ στα βορειοανατολικά το υψόμετρο αυξάνεται. Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα. Το βορειοανατολικό μέρος χαρακτηρίζεται από χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ οι παράκτιες περιοχές χαρακτηρίζεται από υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Οι παράγοντες, που λήφθηκαν υπόψη στην πολυκριτηριακή ανάλυση, ήταν το υψόμετρο, η ένταση της βροχής, η γεωλογία, οι χρήσεις γης, η κλίση του εδάφους και η συσσώρευση επιφανειακής ροής. Η επαλήθευση του τελικού παραγόμενου χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας της Γρίβα (2021) πραγματοποιήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Υδάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη τους ίδιους παράγοντες για την κατάρτιση θεματικών χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας, η Χατζηδάκη (2013), στη διπλωματική της εργασία, πραγματοποίησε τη χαρτογράφηση του κινδύνου πλημμύρας στη Βόρεια Ελλάδα και, πιο συγκεκριμένα, στις περιφέρειες της Κεντρικής και της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης. Η πρώτη μεθοδολογία χρησιμοποίησε σε πολυκριτηριακή ανάλυση τους παράγοντες της συσσώρευσης ροής, της κλίσης, τις χρήσεις γης, της έντασης της βροχόπτωσης, της γεωλογίας και του υψομέτρου. Για κάθε παράγοντα προσδόθηκε ένα βάρος, ανάλογα με την συνεισφορά του στην πλημμυρική επικινδυνότητα, και η πρόσθεση αυτών δημιούργησε τον τελικό χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και μεγάλες τιμές βροχοπτώσεων είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες. Στη δεύτερη μεθοδολογία της Χατζηδάκη (2013) χρησιμοποιήθηκαν οι παράγοντες του υψομέτρου, του δείκτη κάλυψης βλάστησης, του δείκτη δικτύου αποστράγγισης, του δείκτη διερχόμενης πλημμύρας και της βροχόπτωσης. Ο προσδιορισμός των βαρών τους και ο συνδυασμός των παραγόντων συνέβαλαν στην κατάρτιση του χάρτη κινδύνου πλημμύρας για τη Βόρεια Ελλάδα. Η επαλήθευση των αποτελεσμάτων της μελέτης της Χατζηδάκη (2013) έγινε με τη βοήθεια δορυφορικών δεδομένων της υπό μελέτης περιοχής και έδειξε ότι τα αποτελέσματα της πρώτης μεθοδολογίας είναι πολύ πιο ακριβή και αξιόπιστα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η έρευνα της Δεβελέκου (2020), η οποία εκτίμησε τον πλημμυρικό κίνδυνο στο βορειοδυτικό τμήμα της περιφερειακής ενότητας του Ηρακλείου, συνδυάζοντας παράγοντες σχετιζόμενους, τόσο με την επικινδυνότητα, όσο και με την τρωτότητα. Οι παράγοντες της επικινδυνότητας ήταν το υψόμετρο, η κλίση του εδάφους, η αδιαπερατότητα, η ένταση της βροχόπτωσης και η απόσταση από το υδατόρευμα, ενώ για την τρωτότητα, ορίστηκαν οι συνιστώσες της οικονομικής και της κοινωνικής τρωτότητας. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης της Δεβελέκου (2020), επιλέχθηκαν τέσσερις θέσεις ενδιαφέροντος, για κάθε εξεταζόμενο υδατόρευμα.

Η Γιαμαλάκη (2015) πραγματοποίησε, επίσης, εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιφερειακής ενότητας της Αχαΐας, με σκοπό τον βιώσιμο χωρικό σχεδιασμό. Ως παράγοντες επιλέχθηκαν οι κλίσεις του εδάφους, το υψόμετρο, η

διαπερατότητα, οι χρήσεις γης, η μέση ετήσια βροχόπτωση, αλλά και η συγκέντρωση της ροής του νερού. Τα αποτελέσματα της μελέτης της Γιαμαλάκη (2015) έδειξαν ότι οι περιοχές που εμφανίζουν μεγάλη πλημμυρική επικινδυνότητα είναι η παράκτια περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας της Αχαΐας, αλλά και το δυτικό τμήμα της, αφού χαρακτηρίζεται από χαμηλό υψόμετρο και μικρή εδαφική κλίση. Οι ορεινές περιοχές της Αχαΐας εμφανίζουν χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Σύμφωνα με τη Γιαμαλάκη (2015), οι οικιστικές περιοχές βρίσκονται σε τρωτές ζώνες, είτε λόγω της έμφυτης τάσης του ανθρώπου να βρίσκεται κοντά σε σώμα νερού, είτε λόγω των ανθρωπογενών παρεμβάσεων.

Οι Hagos et al. (2022) κατήρτισαν τον χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, σε περιβάλλον GIS, χρησιμοποιώντας πολυκριτηριακή ανάλυση, για την ευρύτερη περιοχή του ποταμού Awash στην Αιθιοπία. Οι παράγοντες, που συνέθεσαν τον τελικό χάρτη κινδύνου πλημμύρας, ήταν η εδαφική κλίση, το υψόμετρο, η ένταση βροχόπτωσης, οι χρήσεις γης, η εδαφολογική υφή, η εγγύτητα, του εκάστοτε τμήματος της περιοχής μελέτης, στον ποταμό, καθώς και η αποστράγγιση. Η διεξαγωγή της μελέτης αυτής, οδήγησε τους Hagos et al. (2022) στο συμπέρασμα ότι οι περιοχές στο κέντρο της λεκάνης απορροής, οι περιοχές με μικρή εδαφική κλίση ή υψόμετρο και μικρή αποστράγγιση και απόσταση από τον ποταμό, όπως οι περιοχές Illu και Becho, είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες. Αντίθετα, περιοχές με μεγάλη εδαφική κλίση ή υψόμετρο και υψηλή πυκνότητα απορροής, όπως η περιοχή Kersana Malima, έχουν χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα.

Μία, ακόμα, παρόμοια έρευνα πραγματοποίησαν οι Goumas et al. (2022), όταν χρησιμοποίησαν μία πολυκριτηριακή μέθοδο ανάλυσης και λήψης αποφάσεων, για την μελέτη της πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιοχής του Σταλού στην Κρήτη. Οι Goumas et al. (2022) χρησιμοποίησαν στην ανάλυσή τους, τους παράγοντες της κλίσης του εδάφους, της επιφανειακής ροής, των χρήσεων γης, της έντασης της βροχόπτωσης, της γεωλογίας της περιοχής, καθώς και του υψομέτρου της. Η ένταση της βροχόπτωσης προσδιορίστηκε με την εφαρμογή του δείκτη MFI. Τα αποτελέσματα των Goumas et al. (2022) κατέδειξαν πως η περιοχή μελέτης δεν αντιμετωπίζει κίνδυνο πλημμυρικών

φαινομένων με βάση τα βροχομετρικά δεδομένα που ισχύουν, αλλά ο κίνδυνος μπορεί να γίνει αισθητός σε μία πολύ σημαντική αύξηση των κατακρημνίσεων στην περιοχή. Όμως, τα αποτελέσματα φαίνεται πως έχουν παράγει πολύτιμα δεδομένα για τους κινδύνους από την υπερβολική ποσότητα βροχόπτωσης, όπως και από την ακατάλληλη εφαρμογή και λειτουργία της υποδομής διαχείρισης της απορροής.

Οι Faregh and Benkhaled (2021) υλοποίησαν μία, αντίστοιχη με τις προηγούμενες, έρευνα, όταν χρησιμοποίησαν ένα πολυκριτηριακό μοντέλο λήψης αποφάσεων (Multi Criteria Decision Analysis - MCDA), σε περιβάλλον GIS, για να εκτιμήσουν την πλημμυρική επικινδυνότητα στην ευρύτερη περιοχή της πόλης Sigus της Ανατολικής Αλγερίας. Οι υπό εξέταση παράγοντες ήταν το υψόμετρο, η εδαφική κλίση, οι χρήσεις γης, καθώς και η απόσταση από το κύριο υδατόρευμα. Συγκρίνοντας, ανά δύο, τους παράγοντες, κατέληξαν στο ότι το κριτήριο της απόστασης από το κύριο υδατόρευμα είναι το πιο σημαντικό, αφού η χωρική κατανομή της πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι πολύ σπουδαιότερη, όσο πιο κοντά βρίσκεται κάποιος στο κύριο ρεύμα.

Οι Azizat and Wan Omar (2018) χρησιμοποίησαν τους παράγοντες του υψομέτρου, της απόστασης από το δίκτυο της απορροής, της έντασης της βροχόπτωσης, της εδαφολογικής υφής, της γεωλογίας, καθώς και της διάβρωσης, για να καταρτίσουν τον χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας της περιοχής του Perlis της Μαλαισίας, αλλά και για να πραγματοποιήσουν μία εκτίμηση του κινδύνου αυτού, μέσω ενός λόγου συχνότητας, ενός στατιστικού δείκτη, αλλά και της μεθόδου του Poisson, με το δεύτερο να αποτελεί την αποδοτικότερη μέθοδο.

## **2.8 Ψηφιακή Εργαλειοθήκη**

Το λογισμικό ArcGIS (Geographical Information System) αποτελείται από ένα σύνολο εφαρμογών με βασικότερες να είναι το ArcMap, το ArcCatalog, καθώς και το ArcGlobe. Οι εφαρμογές αυτές, αποτελούν, με τη σειρά τους, ένα σύνολο εργαλείων, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να καταγραφούν οι γεωχωρικές πληροφορίες, να πραγματοποιηθεί χωρική ανάλυση, αλλά και να παραχθούν χάρτες, οι οποίοι θα απεικονίζουν την

εκάστοτε επιθυμητή πληροφορία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 10.5.1 του ArcGIS και, πιο συγκεκριμένα, το ArcMap 10.5.1 και το ArcCatalog 10.5.1.

Το extension HEC – GeoHMS (Hydrologic Engineering Center – Geospatial Hydrologic Modeling Extension) έχει αναπτυχθεί ως μία ψηφιακή υδρολογική εργαλειοθήκη. Το HEC – GeoHMS είναι επέκταση στο λογισμικό ArcGIS. Αναλύοντας τα ψηφιακά δεδομένα του εδάφους της εκάστοτε περιοχής μελέτης, το HEC – GeoHMS έχει τη δυνατότητα να ορίζει τα όρια της λεκάνης απορροής, να οριοθετεί τα δίκτυα ροών, καθώς και να υπολογίζει υδρολογικές παραμέτρους. Το πρόγραμμα HEC – GeoHMS παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν τη χωρική πληροφορία, να καταγράψουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, καθώς και να οριοθετούν υπολεκάνες και ρέματα.

## **2.9 Περιοχή Μελέτης**

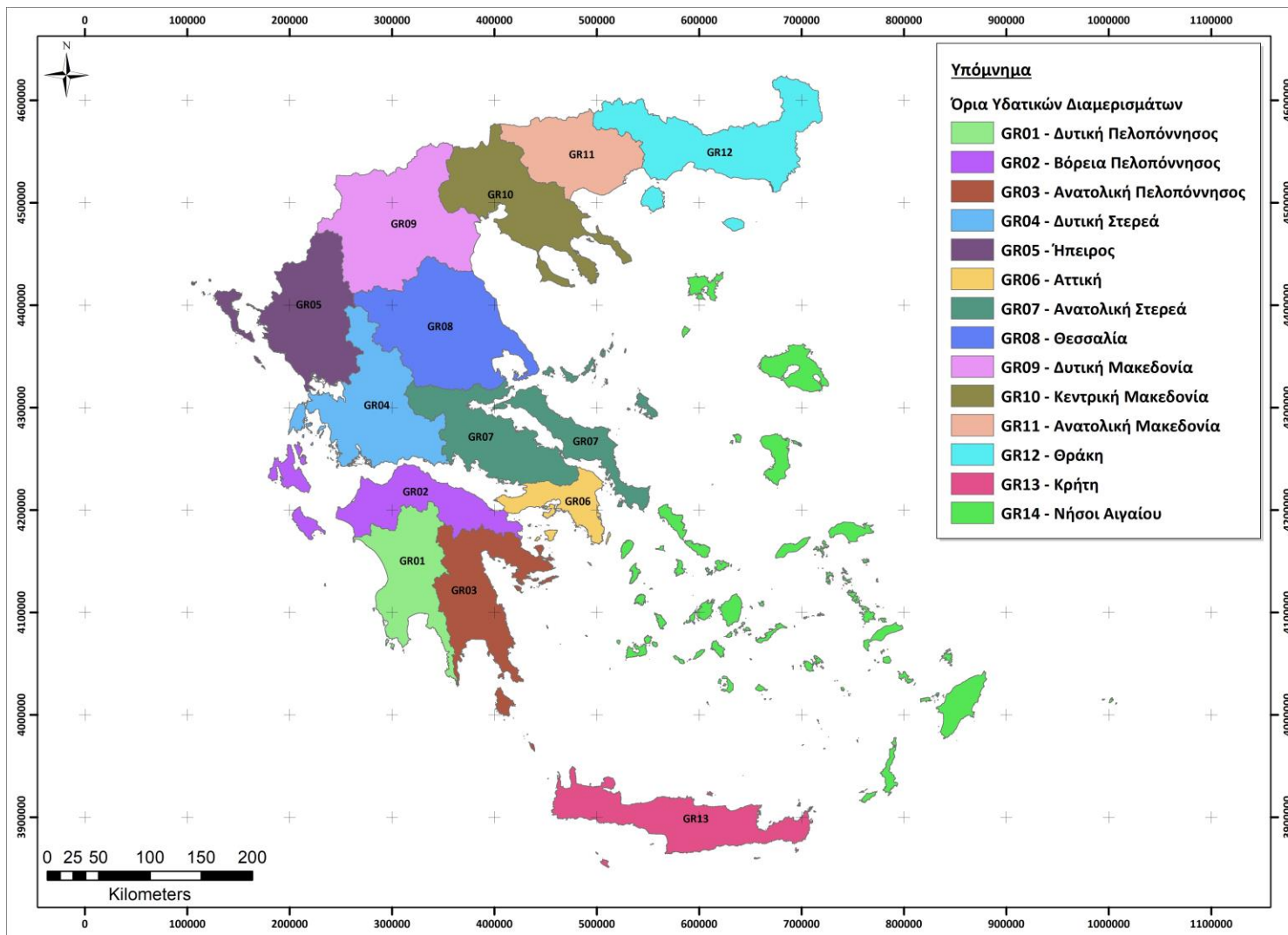
Ο Νομός Αττικής βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του γεωγραφικού διαμερίσματος της Στερεάς Ελλάδας και κεντρικά της χώρας. Χωρίζεται στην περιφέρεια της πρωτεύουσας και στο υπόλοιπο της Αττικής (Κανδηλιώτη, 2009). Αποτελείται από 79 δήμους και 29 κοινότητες και είναι ο πιο πυκνοκατοικημένος Νομός της Ελλάδας (Κανδηλιώτη, 2009). Το τοπογραφικό ανάγλυφο της Αττικής χαρακτηρίζεται ως πεδινή, κατά κύριο λόγο, αλλά εμφανίζει, τοπικά, κάποιους ιδιαίτερα σημαντικούς ορεινούς όγκους (Τουρκοβούνια, Φιλοπάππου, Λυκαβηττός, Ακρόπολη). Ανατολικά βρίσκεται ο Υμηττός με το μεγαλύτερο υψόμετρο στα 1,026 m, ενώ βόρεια βρίσκεται η Πεντέλη με την υψηλότερη κορυφή στα 1,109 m (Κανδηλιώτη, 2009). Στα βορειοδυτικά βρίσκεται η Πάρνηθα με υψηλότερη κορυφή στα 1,413 m, ενώ δυτικά βρίσκεται το όρος Αιγάλεω στα 468 μέτρα. Στο νότιο τμήμα της, η Αττική βρέχεται από τον Σαρωνικό Κόλπο (Κανδηλιώτη, 2009). Η συνολική έκταση του λεκανοπεδίου του Νομού Αττικής είναι 427 τετραγωνικά χιλιόμετρα.



### 2.9.1 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6, τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας είναι (ΥΠΕΚΑ, 2017):

1. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου (EL01) με έκταση 7.235 km<sup>2</sup>
2. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Βόρειας Πελοποννήσου (EL02) με έκταση 7.397 km<sup>2</sup>
3. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Πελοποννήσου (EL03) με έκταση 8.442 km<sup>2</sup>
4. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (EL04) με έκταση 10.498 km<sup>2</sup>
5. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου (EL05) με έκταση 9.980 km<sup>2</sup>
6. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής (EL06) με έκταση 3.186 km<sup>2</sup>
7. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (EL07) με έκταση 12.291 km<sup>2</sup>
8. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας (EL08) με έκταση 13.140 km<sup>2</sup>
9. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας (EL09) με έκταση 13.624 km<sup>2</sup>
10. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας (EL10) με έκταση 10.146 km<sup>2</sup>
11. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ανατολικής Μακεδονίας (EL11) με έκταση 7.321 km<sup>2</sup>
12. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης (EL12) με έκταση 11.243 km<sup>2</sup>
13. Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης (EL13) με έκταση 8.345 km<sup>2</sup>
14. Το Υδατικό Διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου (EL14) με έκταση 9.104 km<sup>2</sup>



Εικόνα 6: Υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας

### 2.9.2 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Ελλάδας

Αρχικά, η ιστοσελίδα της υπηρεσίας Land Monitoring Service του Copernicus παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να κάνει λήψη των ψηφιακών πινακίδων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι οποίες απεικονίζουν την Ελλάδα. Αυτές οι πινακίδες είναι οι:

1. E50N20
2. E50N10
3. E60N10

Αφού πραγματοποιήθηκε η λήψη των αρχείων και η εισαγωγή τους στο ArcMap, με την εντολή Mosaic to New Raster (Data Management) του ArcToolbox, υλοποιήθηκε η συγχώνευση των τριών διαφορετικών αρχείων raster σε ένα.

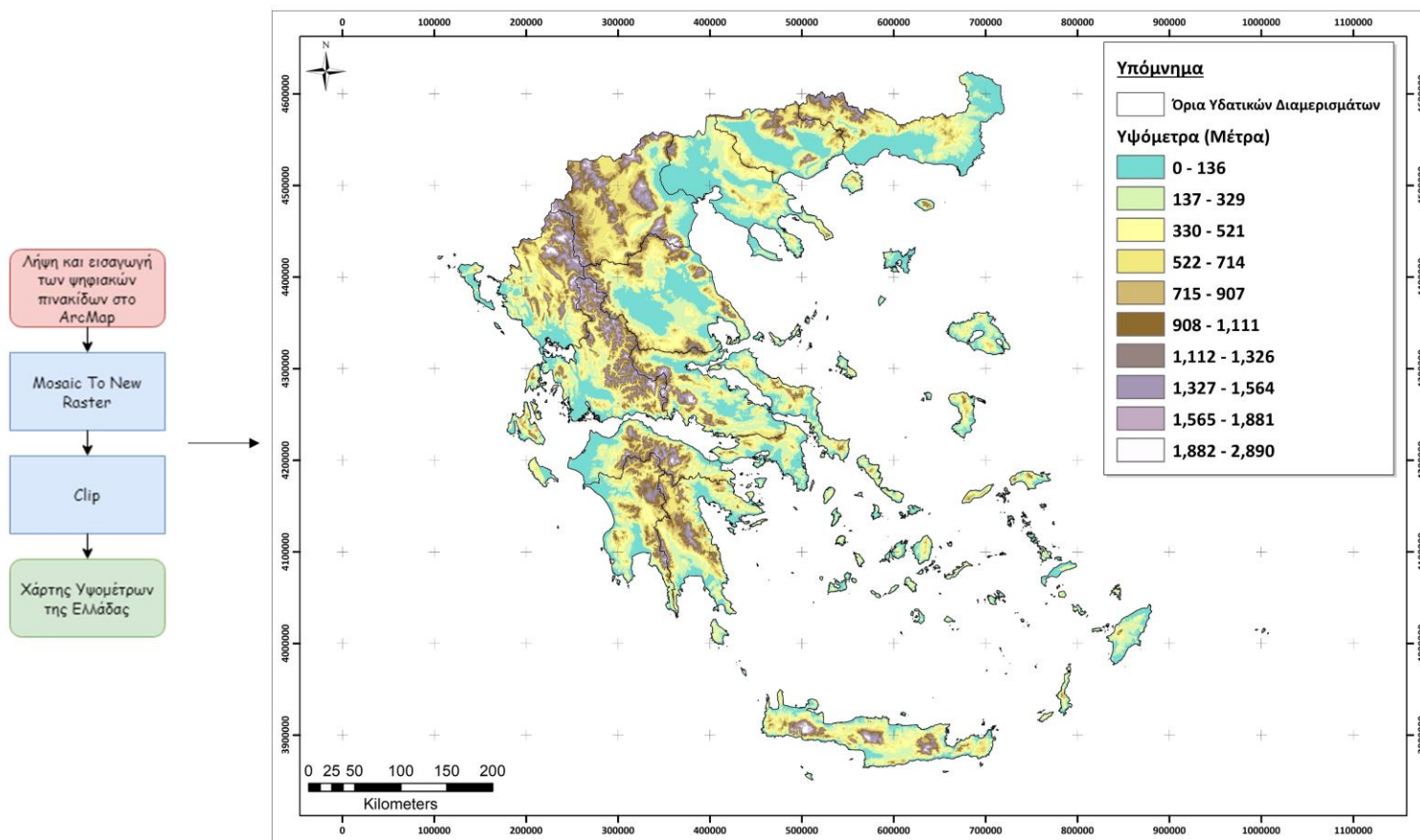
Μετά, μέσω της εντολής Clip (Data Management), γίνεται το κόψιμο του αρχείου raster, που συγχωνεύθηκε προηγουμένως, με βάση το shapefile των Ορίων της Ελλάδας, το οποίο μπορεί να ληφθεί ελεύθερα από το Geodata. Η εντολή Clip (Data Management) είναι η ίδια με πριν και η οποία χρησιμοποιείται για να κόψει ολόκληρο το επιθυμητό αρχείο raster, με βάση το shapefile αρχείο των Ορίων της Ελλάδας. Έτσι, παράχθηκε το κομμένο raster αρχείο, από το οποίο προέκυψε και ο χάρτης των υψομέτρων της Ελλάδας.

Στο χάρτη που προέκυψε (Εικόνα 7), μπορεί να παρατηρηθούν τα διάφορα υψόμετρα της Ελλάδας και να γίνει δυνατή η διάκριση των πεδινών και των ορεινών περιοχών. Το μέγιστο υψόμετρο είναι τα 2,890 m, ενώ το ελάχιστο υψόμετρο είναι το επίπεδο της θάλασσας. Το μέσο υψόμετρο της Ελλάδας είναι στα 413 m.

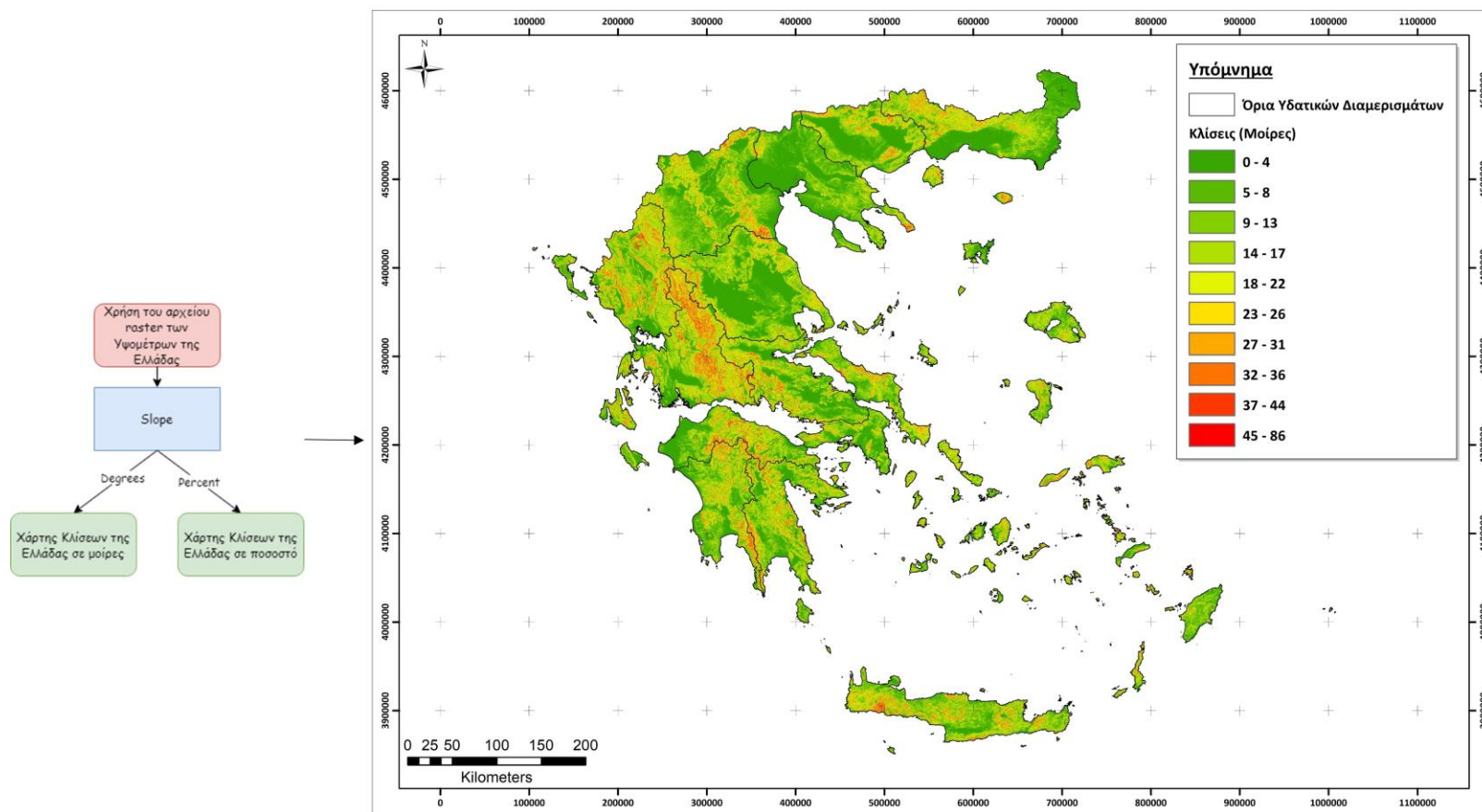
Με βάση το συγκεκριμένο raster αρχείο και το συγκεκριμένο χάρτη υψομέτρων της Ελλάδας, προέκυψαν και οι χάρτες των κλίσεων του τοπογραφικού ανάγλυφου της Ελλάδας, τόσο σε μοίρες, όσο και ποσοστιαία. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε η εντολή Slope του Spatial Analyst extension του ArcMap, και εισάγοντας το προηγούμενο κομμένο αρχείο raster της Ελλάδας και επιλέγοντας το Output measurement να είναι είτε Degree, είτε Percent\_Rise, προκύπτουν τα δύο raster αρχεία κλίσεων της Ελλάδας, οπότε και

πραγματοποιήθηκε η κατάρτιση των δύο χαρτών της Ελλάδας για τις κλίσεις του τοπογραφικού ανάγλυφου καθ' όλη την έκτασή της.

Όπως και στον προηγούμενο χάρτη, έτσι και στον συγκεκριμένο (Εικόνα 8) μπορεί να παρατηρηθεί η διαφορά των κλίσεων των πεδινών και των ορεινών περιοχών της Ελλάδας. Στις πεδινές περιοχές της χώρας, οι κλίσεις τείνουν να είναι μικρές, δηλαδή από 0 έως και 18 μοίρες. Στις ημιορεινές περιοχές, οι κλίσεις φαίνεται να παίρνουν τιμές από 19 έως και 23 μοίρες, ενώ στις ορεινές περιοχές με έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο, οι κλίσεις μεγαλώνουν και αρχίζουν από τις 24 μοίρες και φτάνουν μέχρι και τις 86, κάτι το οποίο συνιστά ιδιαίτερα δυσπρόσιτο έδαφος και, συνήθως, μεγάλο υψόμετρο. Άλλωστε, φαίνεται και από τον χάρτη της Εικόνας 7, ότι οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι της Ελλάδας, παρουσιάζουν και έντονες κλίσεις, όπως, για παράδειγμα, ο Παρνασσός, ο Ταΰγετος και η οροσειρά της Πίνδου. Στο παράρτημα χαρτών παρουσιάζεται ο χάρτης κλίσεων της Ελλάδας σε ποσοστό (Εικόνα Π1). Όπως γίνεται αντιληπτό, οι εδαφικές κλίσεις, στη μεγαλύτερη έκταση της χώρας, είναι από 0 % έως και 7.2 %, ενώ οι ορεινοί όγκοι στην Πελοπόννησο, στην Δυτική Ελλάδα και στην Ήπειρο, δεν ξεπερνούν, στην πλειοψηφία της έκτασής τους το 14.4 %.



Εικόνα 7: Διαδικασία κατάρτισης Χάρτη Υψομέτρων και τελικός Χάρτης Υψομέτρων της Ελλάδας

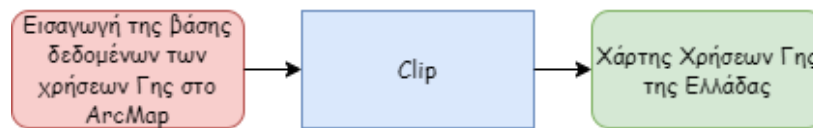


Εικόνα 8: Διαδικασία κατάρτισης των Χαρτών των Κλίσεων της Ελλάδας και τελικός Χάρτης Κλίσεων της Ελλάδας σε μοίρες

### 2.9.2 Χρήσεις Γης Ελλάδας

Η ιστοσελίδα της υπηρεσίας Land Monitoring Service του Copernicus, παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να πραγματοποιήσει τη λήψη της βάσης δεδομένων Corine Land Cover (CLC) για τις χρήσεις ή καλύψεις γης στον ευρωπαϊκό γεωγραφικό χώρο. Στην προκειμένη περίπτωση, θα γίνει χρήση της βάσης δεδομένων που παρέχεται από το Environmental Systems Research Institute (ESRI).

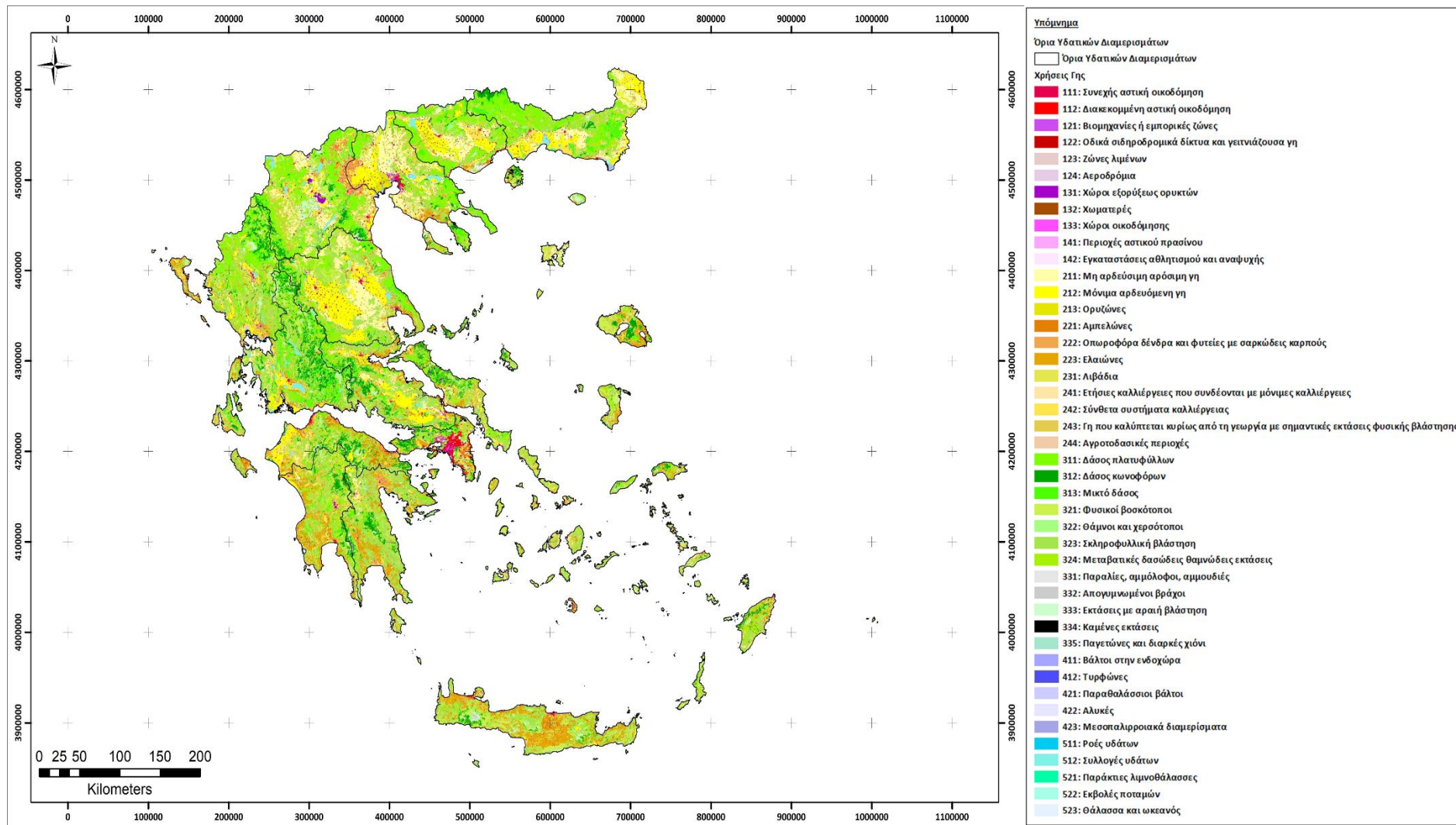
Το επόμενο βήμα, της φόρτωσης της βάσης δεδομένων των χρήσεων γης στο ArcMap, ήταν το κόψιμο της, με βάση τα Όρια της Ελλάδας. Από το Geoprocessing του Toolbar του ArcMap, γίνεται επιλογή της εντολής Clip, με την χρήση της οποίας προέκυψε το ζητούμενο vector αρχείο. Έτσι, προέκυψε ο χάρτης χρήσεων γης για την Ελλάδα (Εικόνα 10), με βάση τη χρωματική παλέτα του Corine Land Cover (CLC).



Εικόνα 9: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη Χρήσεων Γης

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον χάρτη των χρήσεων γης της Ελλάδας (Εικόνα 10), το μεγαλύτερο μέρος της χώρας καλύπτεται από δασικές, αγροτικές και αγροτοδασικές εκτάσεις. Στις αγροτικές εκτάσεις, συγκαταλέγονται οι καλλιέργειες, καθώς και οι ορυζώνες, οι αμπελώνες και οι ελαιώνες και αποτελούν το 38.6 % της συνολικής επιφάνειας της χώρας, ενώ οι δασικές εκτάσεις καλύπτουν το 55.7 % της επικράτειας. Τα εσωτερικά σώματα νερού (π.χ. αλυκές, λιμνοθάλασσες, βάλτοι) υπάρχουν σε ποσοστό 2.6 %, ενώ το λεκανοπέδιο της Αττικής έχει έντονες κόκκινες αποχρώσεις, λόγω του συνεχούς αστικού ιστού και των διάφορων υποδομών (π.χ. αεροδρόμια, λιμάνια, ορυχεία, χωματερές, οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο), αποτελώντας το υπόλοιπο 3.1 % της συνολικής έκτασης της Ελλάδας.





Εικόνα 10: Χάρτης Χρήσεων Γης της Ελλάδας



### 2.9.3 Έδαφος

#### 2.9.3.1 Επεξεργασία Βάσης Δεδομένων Εδάφους HWSD

Η υπηρεσία Food and Agriculture Organization (FAO) των Ηνωμένων Εθνών παρέχει μία βάση δεδομένων raster αρχείων, με τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά ολόκληρης της Γης. Η βάση αυτή καλείται Harmonized World Soil Database (HWSD) και μπορεί να ληφθεί ελεύθερα από την ιστοσελίδα του FAO, ως αρχείο raster, και μαζί με αυτή γίνεται και η λήψη μίας βάσης δεδομένων Access.

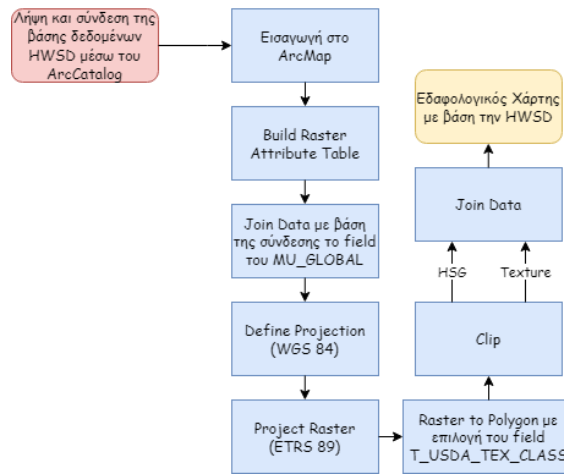
Πριν γίνει η εισαγωγή του raster αρχείου του εδάφους στο ArcMap, υλοποιήθηκε η σύνδεση της βάσης δεδομένων Access, μέσω του ArcCatalog. Στο tab του ArcCatalog, μέσα στο ArcMap, έγινε επιλογή της σύνδεσης της επιθυμητής βάσης δεδομένων. Στη συνέχεια, έγινε εισαγωγή του raster αρχείου. Αφού πραγματοποιήθηκε και η εισαγωγή, το επόμενο βήμα ήταν η κατασκευή ενός πίνακα (attribute table) για το συγκεκριμένο raster αρχείο. Το πρώτο μέρος αυτού του βήματος είναι να διαμορφωθεί το attribute table και το δεύτερο μέρος είναι να συμπληρωθεί με τιμές. Με την εντολή Build Raster Attribute Table (Data Management) του ArcToolbox, πραγματοποιήθηκε το πρώτο βήμα. Το δεύτερο βήμα, που είναι η συμπλήρωση των κελιών του attribute table με τιμές, υλοποιήθηκε μέσω της εντολής Join Data του ArcMap. Στο πεδίο αυτό, επιλέχθηκε η βάση δεδομένων Access, με της οποίας τα στοιχεία συμπληρώθηκε το attribute table. Εξίσου σημαντικό είναι να οριστεί το Σύστημα Συντεταγμένων για το συγκεκριμένο αρχείο raster. Με την εντολή Define Projection (Data Management) ορίστηκε ως σύστημα το WGS 84. Μετέπειτα, με την εντολή Project Raster (Data Management) του ArcToolbox, υλοποιήθηκε η προβολή του προηγούμενου raster αρχείου στο σύστημα ETRS 89.

Αυτό που ενδιαφέρει στην παρούσα διπλωματική εργασία, από το attribute table του αρχείου, είναι το field με όνομα T\_USDA\_TEX\_CLASS, το οποίο έχει τιμές από 1 έως 13, οι οποίες αποτελούν κωδικούς, που περιγράφουν διαφορετικές εδαφικές υφές, όπως φαίνεται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11: Κωδικοί και αντίστοιχες εδαφικές κατηγορίες (Πηγή: Τσιχριντζής, 1999)

Κωδικός	Υφή
1	Άργιλος (Βαριά)
2	Λεπτή αμμώδης άργιλος
3	Άργιλος
4	Λεπτή αμμώδης αργιλώδης τύρφη
5	Αργιλώδης τύρφη
6	Λεπτή άμμος
7	Λεπτή αμμώδης τύρφη
8	Αμμώδης άργιλος
9	Τύρφη
10	Αμμώδης αργιλώδης τύρφη
11	Αμμώδης τύρφη
12	Τυρφώδης άμμος
13	Άμμος

Εν συνέχεια, το αρχείο raster, που προέκυψε, μετατράπηκε σε αρχείο vector. Αυτό επετεύχθη μέσω της εντολής Raster to Polygon (Conversion). Στο shapefile αρχείο που προέκυψε, το field που ενδιαφέρει από το attribute table του είναι, πλέον, υπό το όνομα gridcode. Με την εντολή Clip του Geoprocessing του ArcMap, και με βάση τα Όρια της Ελλάδας, προέκυψε το shapefile του συνόλου των εδαφών της Ελλάδας, για τις τιμές που παρέχονται από την βάση δεδομένων εδάφους HWSD. Αφού πραγματοποιήθηκε και η εντολή Clip, κατασκευάστηκαν δύο αρχεία csv, στα οποία αντιστοιχήθηκε κάθε τιμή του gridcode σε μία Υδρολογική Κατηγορία (Hydrologic Soil Group ή HSG) και σε μία Κατηγορία Υφής (Texture). Τα αρχεία αυτά προστέθηκαν στο attribute table του παραγόμενου shapefile, μέσω της λειτουργίας Join Data (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Διαδικασία δημιουργίας χάρτη εδάφους με βάση την βάση HWSD

### 2.9.3.2 Επεξεργασία Βάσης Δεδομένων Εδάφους DSMW

Η υπηρεσία Food and Agriculture Organization (FAO) των Ηνωμένων Εθνών παρέχει και μία δεύτερη βάση δεδομένων, αυτή τη φορά vector αρχείων. Η Digital Soil Map of the World (DSMW) μπορεί, επίσης, να ληφθεί ελεύθερα από την ιστοσελίδα του FAO, ως αρχείο vector, και μαζί με αυτή γίνεται και η λήψη μίας, ακόμη, βάσης δεδομένων Access.

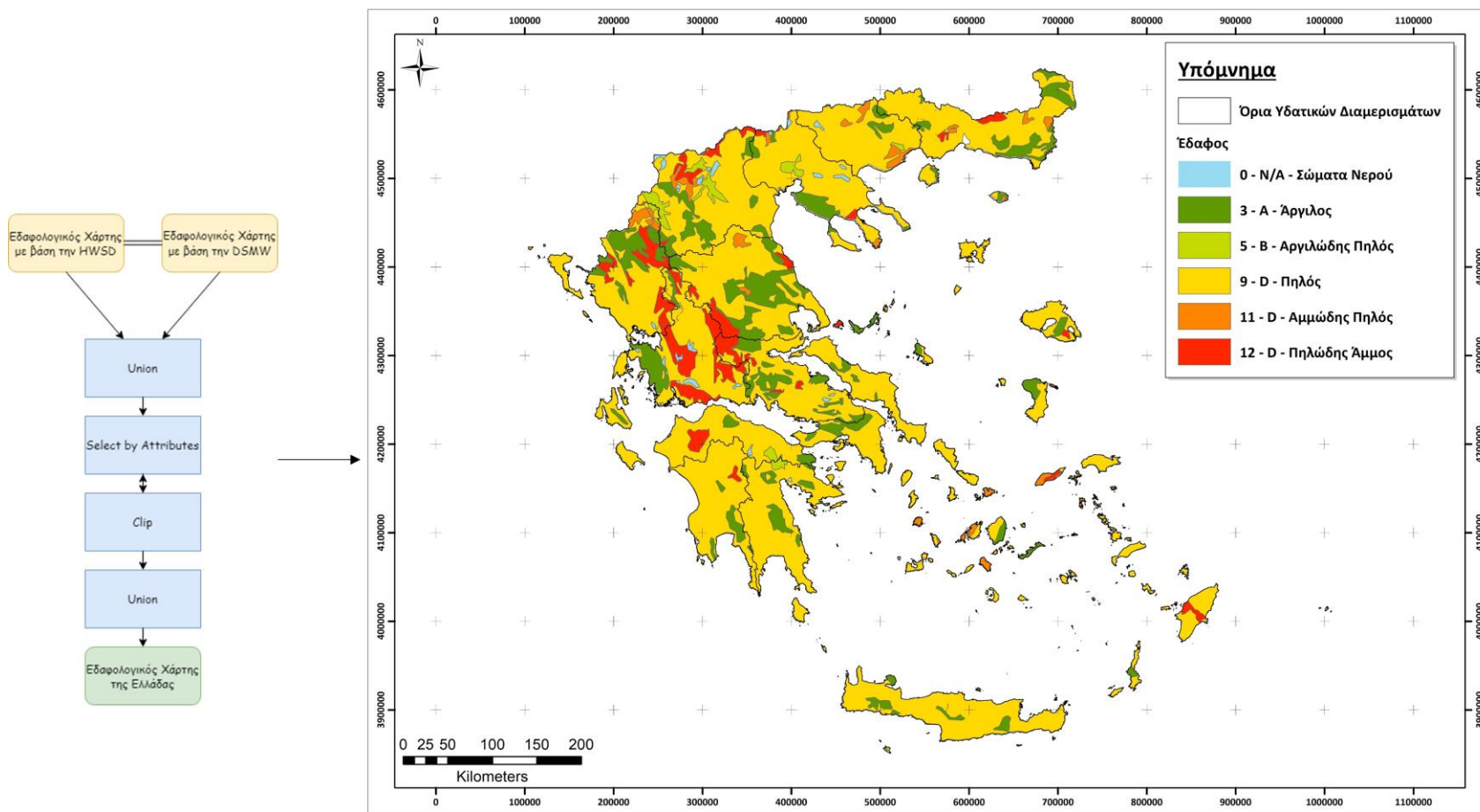
Αρχικά, έγινε η εισαγωγή του shapefile αρχείου της DSMW στο ArcMap. Στη συνέχεια, με την βοήθεια της εντολής Select by Attributes, επιλέχθηκαν μόνο εκείνα τα κελιά του attribute table, που αντιστοιχούν στην Ελλάδα. Μετά, με την βοήθεια της εντολής Export Data, δημιουργήθηκε ένα καινούργιο shapefile με τις τιμές των εδαφών της Ελλάδας. Το συγκεκριμένο shapefile δεν έχει ορισμένο Σύστημα Συντεταγμένων. Με την εντολή Define Projection (Data Management), ορίστηκε ως σύστημα το ETRS 89 (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Διαδικασία δημιουργίας χάρτη εδάφους με βάση την βάση DSMW

Τα δύο vector αρχεία που προέκυψαν, από τις επεξεργασίες των βάσεων HWSD και DSMW, χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ενός ολοκληρωμένου εδαφολογικού χάρτη της Ελλάδας. Αρχικά, με την εντολή Union (Analysis), ενώθηκαν τα δύο vector αρχεία σε ένα. Από το ενωμένο shapefile αρχείο, έγινε επιλογή των κελιών, με τη χρήση της εντολής Select by Attributes, του attribute table του, τα οποία έχουν μηδενικές τιμές στο field του gridcode. Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε η εντολή Clip του Geoprocessing του Toolbar του ArcMap, για την παραγωγή ενός vector αρχείου, το οποίο θα περιέχει μόνο τις μηδενικές τιμές του gridcode. Στη συνέχεια, έγινε, πάλι, χρήση της εντολής Union (Analysis), για να συμπληρωθεί η βάση δεδομένων του εδάφους HWSD και με τις μηδενικές τιμές.

Παρατηρείται ότι το έδαφος της Ελλάδας (Εικόνα 13) αποτελείται από εδάφη, τα οποία ανήκουν, μόλις, σε πέντε υδρολογικές κατηγορίες, με την υφή τους να είναι, κατά βάση, αργιλώδης, αμμώδης ή πηλώδης. Τα αργιλικά εδάφη καλύπτουν το 14.3 % της εδαφικής επιφάνειας της Ελλάδας, με έκταση 18439.2 km<sup>2</sup>. Ο αργιλώδης πηλός καλύπτει, συνολικά, 1809.9 km<sup>2</sup> (1.4 %), ενώ ο αμμώδης πηλός καλύπτει 2656.6 km<sup>2</sup> (2.1 %) της επικράτειας της Ελλάδας. Η συντριπτική πλειοψηφία της εδαφικής έκτασης της χώρας είναι πηλός, σε ποσοστό 75.4 %, και καλύπτει 97355.2 km<sup>2</sup>. Η πηλώδης άμμος καλύπτει μία έκταση 7958.9 km<sup>2</sup> (6.2 %), ενώ το υπόλοιπο 0.6 % (923.9 km<sup>2</sup>) αποτελούν τα σώματα νερού της επικράτειας.



Εικόνα 13: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη Εδάφους και τελικός Χάρτης του Εδάφους της Ελλάδας

#### 2.9.4 Συσσώρευση Επιφανειακής Ροής της Ελλάδας

Η συσσώρευση επιφανειακής ροής προσδιορίζει τα σημεία, όπου η συγκέντρωση του επιφανειακού νερού είναι σημαντική. Το αρχείο raster, που χρησιμοποιήθηκε για την κατάρτιση του υψομετρικού χάρτη της Ελλάδας μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να υλοποιηθεί ο σχεδιασμός ενός χάρτη απεικόνισης της συσσώρευσης ροής της χώρας. Μέσω του Terrain Preprocessing του Arc Hydro Tools, καθώς και την χρήση των εντολών Fill Sinks (DEM Manipulation), κατά την οποία παράχθηκε το υδρολογικό ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Fil), Flow Direction (Fdr), κατά την οποία παράχθηκε το αντίστοιχο Grid, και Flow Accumulation, κατά την οποία προέκυψε το ζητούμενο raster αρχείο (Fac), το οποίο απεικόνιζε την συσσώρευση ροής για τον ελλαδικό χώρο. Η συσσώρευση ροής θα αποτελέσει έναν από τους έξι παράγοντες συνεισφοράς στην κατάρτιση του χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής.

### 2.9.5 Καταγραφή Συμβάντων Άντλησης Υδάτων από την Πυροσβεστική Υπηρεσία

Για την καταγραφή του αριθμού των συμβάντων άντλησης υδάτων ανά Νομό στην Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκαν τα ανοιχτά δεδομένα της ιστοσελίδας της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας (αρχεία excel), στα οποία καταγράφονται τα αστικά συμβάντα από το 2014 μέχρι και το 2021. Από το έτος 2000 μέχρι και το 2013, ζητήθηκε από το Τμήμα Πληροφορικής της Πυροσβεστικής η διάθεση των αντίστοιχων αρχείων excel, αίτημα το οποίο έγινε δεκτό και εκπληρώθηκε. Ακολουθεί, ενδεικτικά, ένας συγκεντρωτικός Πίνακας (Πίνακας 12), στον οποίο καταγράφονται τα περιστατικά αντλήσεων νερού, έτσι όπως προκύπτουν από τις κλήσεις προς την Πυροσβεστική Υπηρεσία, ανά Νομό της Ελλάδας για το έτος 2000, αλλά και ένας αντίστοιχος Πίνακας για το 2021 (Πίνακας 13).

Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι Πίνακες καταγραφής αντλήσεων νερού ανά Νομό για τα έτη 2001 (Πίνακας Α1), 2002 (Πίνακας Α2), 2003 (Πίνακας Α3), 2004 (Πίνακας Α4), 2005 (Πίνακας Α5), 2006 (Πίνακας Α6), 2007 (Πίνακας Α7), 2008 (Πίνακας Α8), 2009 (Πίνακας Α9), 2010 (Πίνακας Α10), 2011 (Πίνακας Α11), 2012 (Πίνακας Α12), 2013 (Πίνακας Α13), 2014 (Πίνακας Α14), 2015 (Πίνακας Α15), 2016 (Πίνακας Α16), 2017 (Πίνακας Α17), 2018 (Πίνακας Α18), 2019 (Πίνακας Α19) και 2020 (Πίνακας Α20).

Πίνακας 12: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2000

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	34
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	14
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	14
ΑΡΤΑΣ	10
ΑΤΤΙΚΗΣ	558
ΑΧΑΪΑΣ	58
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	21
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	8
ΔΡΑΜΑΣ	26
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	32
ΕΒΡΟΥ	65
ΕΥΒΟΙΑΣ	20
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	4

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	8
ΗΛΕΙΑΣ	13
ΗΜΑΘΙΑΣ	27
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	54
ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	18
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	224
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	20
ΚΑΒΑΛΑΣ	30
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	16
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	31
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	110
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	10
ΚΙΛΚΙΣ	23
ΚΟΖΑΝΗΣ	48
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	8
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	15
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	36
ΛΑΡΙΣΑΣ	20
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	10
ΛΕΣΒΟΥ	25
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	21
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	10
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	21
ΞΑΝΘΗΣ	13
ΠΕΛΛΑΣ	34
ΠΙΕΡΙΑΣ	33
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	9
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	20
ΡΟΔΟΠΗΣ	16
ΣΑΜΟΥ	7
ΣΕΡΡΩΝ	49
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	25
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	17
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	22
ΦΩΚΙΔΟΣ	22
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	127
ΧΑΝΙΩΝ	95
ΧΙΟΥ	5



Πίνακας 13: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2021

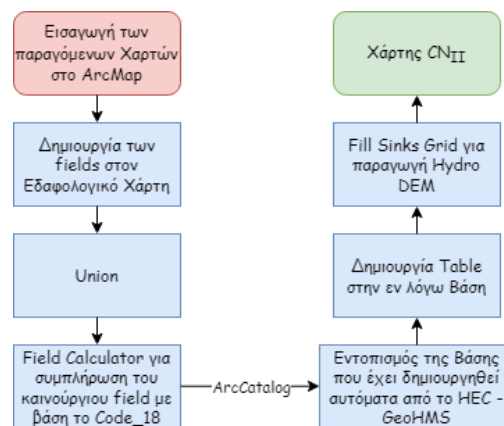
<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	485
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	3
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	18
ΑΡΤΑΣ	15
ΑΤΤΙΚΗΣ	592
ΑΧΑΙΑΣ	161
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	17
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	36
ΔΡΑΜΑΣ	52
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	19
ΕΒΡΟΥ	126
ΕΥΒΟΙΑΣ	27
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	6
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	23
ΗΛΕΙΑΣ	102
ΗΜΑΘΙΑΣ	23
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	12
ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	24
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	191
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	75
ΚΑΒΑΛΑΣ	46
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	26
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	30
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	222
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	130
ΚΙΛΚΙΣ	27
ΚΟΖΑΝΗΣ	69
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	9
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	6
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	7
ΛΑΡΙΣΑΣ	45
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	5
ΛΕΣΒΟΥ	23
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	12
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	13
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	18
ΞΑΝΘΗΣ	8
ΠΕΛΛΑΣ	18
ΠΙΕΡΙΑΣ	43

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	94
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	4
ΡΟΔΟΠΗΣ	29
ΣΑΜΟΥ	94
ΣΕΡΡΩΝ	106
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	22
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	37
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	21
ΦΩΚΙΔΟΣ	4
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	51
ΧΑΝΙΩΝ	6
ΧΙΟΥ	5

## 2.10 Υπολογισμός Αριθμού Καμπύλης CN για την Ελλάδα

### 2.10.1 Μέσες Συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας

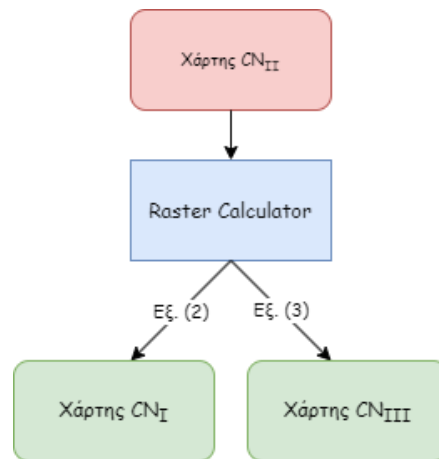
Για τον προσδιορισμό του αριθμού καμπύλης CN, για μέσες συνθήκες, έγινε εισαγωγή του shapefile του εδάφους της Ελλάδας, που παράχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφ. 2.9.4), του raster των υψομέτρων, καθώς και του shapefile των χρήσεων γης. Στο shapefile του εδάφους, δημιουργήθηκε ένα καινούργιο field, στο οποίο αναγράφηκε η Υδρολογική Κατηγορία κάθε στοιχείου και, στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν άλλα τέσσερα καινούργια fields (PctA, PctB, PctC, PctD). Ακολούθησε η χρήση της εντολής Union, μέσω της οποίας έγινε ένωση του shapefile του Corine Land Cover για την Ελλάδα και του shapefile του εδάφους της Ελλάδας. Στο συγχωνευμένο shapefile που προέκυψε, δημιουργήθηκε ένα καινούργιο field, οι τιμές του οποίου συμπληρώθηκαν, μέσω του Field Calculator. Μέσω του ArcCatalog, δημιουργήθηκε νέος πίνακας, ο οποίος κατέγραψε τις τιμές του αριθμού CN ανά χρήση γης και ανά υδρολογική κατηγορία υφής του εδάφους. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εντολή Fill Sinks του Arc Hydro Tools για την παραγωγή του επιθυμητού αρχείου raster, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην εντολή Generate CN Grid του Arc Hydro Tools, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το αρχείο απεικόνισης του αριθμού καμπύλης CN, για τις μέσες συνθήκες (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις μέσες συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας

### 2.10.2 Ξηρές και Υγρές Συνθήκες

Αφού υπολογίστηκε ο αριθμός καμπύλης CN για τις μέσες συνθήκες (CNII), για την Ελλάδα, μπορεί να υπολογιστεί, εύκολα, και ο αριθμός καμπύλης CN για ξηρές (CNI), αλλά και υγρές συνθήκες (CNIII), με τη χρήση του εργαλείου Raster Calculator (Spatial Analyst). Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, Εξ. (2) και Εξ. (3), παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 2.2.



Εικόνα 15: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις ξηρές και τις υγρές συνθήκες Προηγούμενης Κατάστασης Υγρασίας

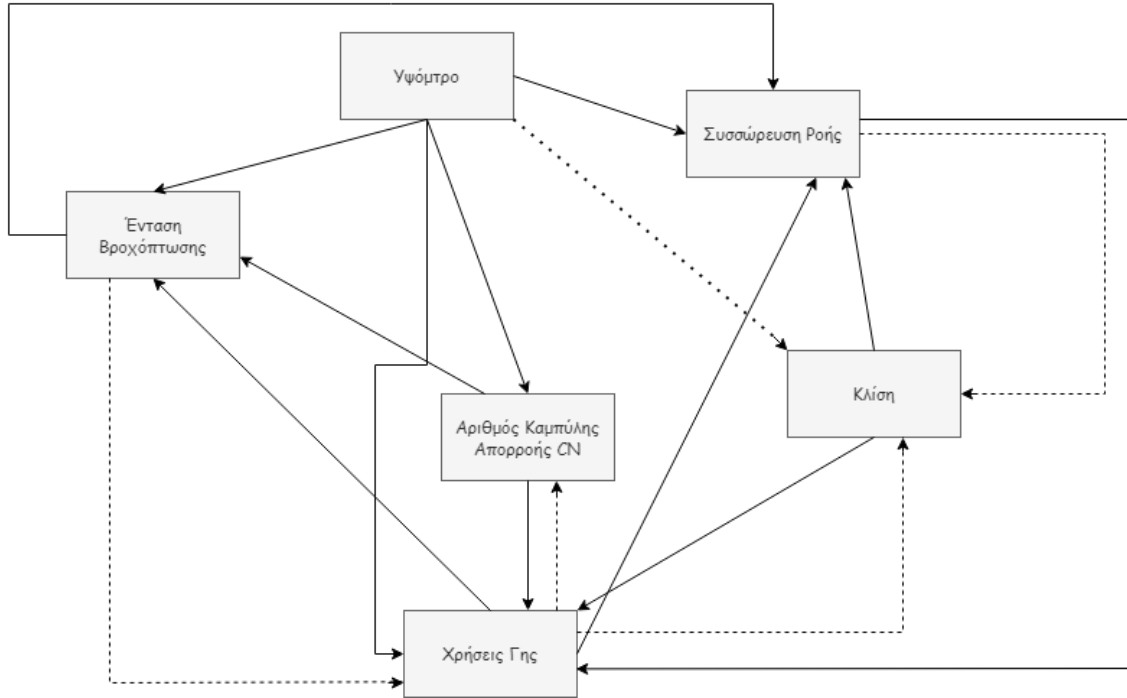
Με αυτόν τον τρόπο, παρήχθησαν οι αντίστοιχοι χάρτες του αριθμού καμπύλης CN, τόσο για ξηρές (CNI) επικρατούσες συνθήκες, όσο και για υγρές (CNIII) επικρατούσες συνθήκες (Εικόνα 15).

### 2.11 Συντελεστής Βαρύτητας A και Ρυθμός Επίδρασης B και Πίνακας Βαθμονόμησης

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία των Kourgialas and Karatzas (2011), βασική προϋπόθεση για την κατάρτιση των θεματικών χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι ο προσδιορισμός του συντελεστή βαρύτητας **A**. Η κλίμακα, που δημιουργήθηκε για τον προσδιορισμό αυτό, παίρνει τις τιμές 1, 2, 5, 8 και 10, ενώ τα επίπεδα της είναι, ουσιαστικά, η πιθανότητα να υπάρξει πλημμυρικό γεγονός μέσα σε ένα υδρολογικό έτος. Οπότε, η κλίμακα και τα επίπεδά της διαμορφώνονται ως εξής (Kourgialas and Karatzas, 2011):

- 2% πιθανότητα (20-year flood) – Πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα – 10 πόντοι
- 1% πιθανότητα (100-year flood) – Υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα – 8 πόντοι
- 0.5% πιθανότητα (200-year flood) – Μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα – 5 πόντοι
- 0.2% πιθανότητα (500-year flood) – Χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα – 2 πόντοι
- <0.2% πιθανότητα (>500-year flood) – Πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα – 1 πόντο

Επιπλέον, εκτιμήθηκε ο βαθμός επίδρασης των παραγόντων, συνυπολογίζοντας το είδος της επίδρασης. Οι επιδράσεις μπορεί να είναι κύριες, στις οποίες η μεταβολή ενός παράγοντα επηρεάζει άμεσα έναν άλλο, καθώς και δευτερεύουσες, στις οποίες η μεταβολή ενός παράγοντα επηρεάζει έμμεσα έναν άλλο. Έτσι, ορίστηκε ότι η κύρια επίδραση θα αποσπά 1 πόντο, ενώ η δευτερεύουσα 0.5 πόντους (Kourgialas and Karatzas, 2011). Στην Εικόνα 16, φαίνονται οι αλληλεπιδράσεις των διαφόρων παραγόντων στη μεθοδολογία της αξιολόγησής τους.



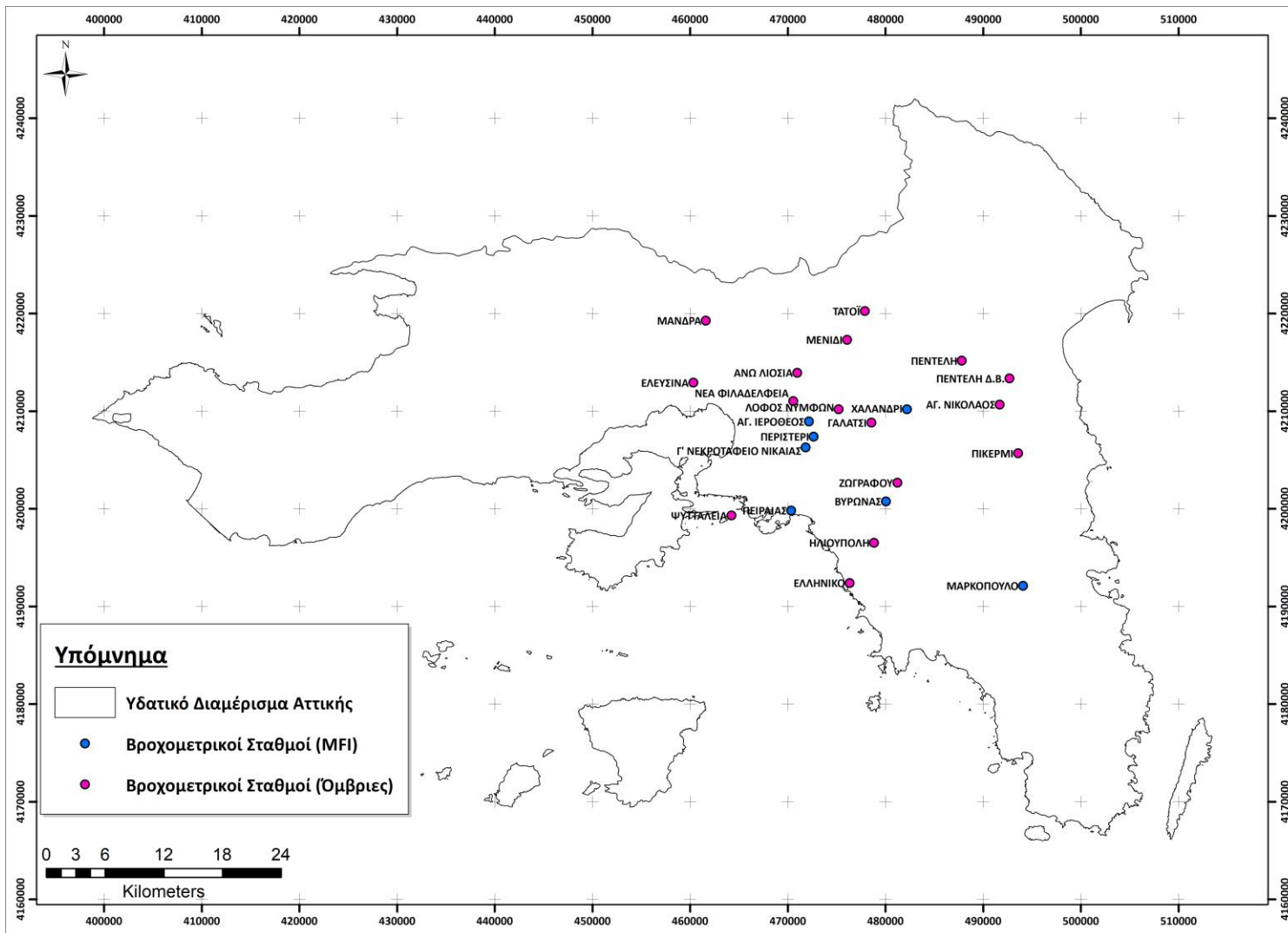
Εικόνα 16: Σχηματική απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των διαφόρων παραγόντων

Έτσι, σύμφωνα με την διαδικασία η οποία περιγράφηκε προηγουμένως και την Εικόνα 16, προέκυψε ο ρυθμός επίδρασης  $B$  για κάθε παράγοντα (Πίνακας 14) αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής.

Πίνακας 14: Παράγοντες και αντίστοιχοι Ρυθμοί Επίδρασης

Παράγοντας	Πόντοι
Ένταση Βροχόπτωσης	1.5
Κλίση	2
Υψόμετρο	4.5
Χρήσεις γης	3
Συσσώρευση ροής	1.5
Αριθμός καμπύλης απορροής CN	2

Για να υπολογιστεί το τελικό ποσοστό επίδρασης κάθε παράγοντα στην πλημμυρική επικινδυνότητα, διαιρέθηκε το βάρος του εκάστοτε παράγοντα με το συνολικό βάρος των παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν. Έτσι, κάθε θεματικός χάρτης πολλαπλασιάστηκε, σε περιβάλλον GIS, με το βάρος του και, στη συνέχεια, τα αποτελέσματα αθροίστηκαν, για να εκτιμηθεί η πλημμυρική επικινδυνότητα στο Νομό Αττικής (Kourgialas and Karatzas, 2011). Στην Εικόνα 17 φαίνονται οι θέσεις των βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 17: Θέση βροχομετρικών σταθμών στην Αττική



Για κάθε έναν από τους έξι παράγοντες (συγκεντρωτική ροή, κλίση, χρήσεις γης, αριθμός CN, ένταση βροχόπτωσης ή βροχόπτωση, υψόμετρο) καθορίστηκε η περιοχή επίδρασής του. Στη συνέχεια, η περιοχή επίδρασης χωρίστηκε σε πέντε τάξεις και κάθε μία από αυτές αντιστοιχίστηκε με μία από τις τάξεις της πλημμυρικής επικινδυνότητας (πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια, χαμηλή, πολύ χαμηλή). Στην πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα αντιστοιχίστηκε συντελεστής βαρύτητας ίσος με 10, στην υψηλή αντιστοιχίστηκε συντελεστής βαρύτητας ίσος με 8, στη μέτρια αντιστοιχίστηκε συντελεστής βαρύτητας ίσος με 5, στη χαμηλή αντιστοιχίστηκε συντελεστής βαρύτητας ίσος με 2 και στη πολύ χαμηλή αντιστοιχίστηκε συντελεστής βαρύτητας ίσος με 1. Έτσι, με βάση το ρυθμό επίδρασης, όπως ορίστηκε στον Πίνακα 14 για κάθε παράγοντα, προέκυψε το βάρος κάθε παράγοντα, το οποίο είναι το άθροισμα των γινομένων του συντελεστή βαρύτητας  $A$  με το ρυθμό επίδρασης  $B$ , για κάθε τάξη της πλημμυρικής επικινδυνότητας. Τέλος, το ποσοστό επίδρασης κάθε παράγοντα προέκυψε από τη διαίρεση του βάρους κάθε παράγοντα με το συνολικό βάρος όλων των παραγόντων.

Στους πίνακες που ακολουθούν (Πίνακας 15, Πίνακας 16, Πίνακας 17, Πίνακας 18, Πίνακας 19 και Πίνακας 20), παρουσιάζεται η μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων, οι οποίοι συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Ο μοναδικός παράγοντας που αλλάζει, ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς, αν γίνει χρήση της αναλυτικής συνάρτησης των όμβριων καμπύλων, ή χρήση του δείκτη MFI, είναι η βροχόπτωση. Με τη χρήση των όμβριων καμπύλων υπολογίζεται η ένταση της βροχόπτωσης (mm/h), ενώ με τη χρήση του δείκτη MFI υπολογίζεται το ύψος της βροχόπτωσης (mm). Η περιοχής επίδρασης αλλάζει για κάθε περίοδο επαναφοράς, όπως φαίνεται στους Πίνακες 15, 16, 17, 18 και 19, αλλά και κατά τη χρήση του MFI, όπως φαίνεται στον Πίνακα 20. Η πλημμυρική επικινδυνότητα χωρίζεται σε πέντε κατηγορίες (πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια, χαμηλή, πολύ χαμηλή) και το βάρος κάθε παράγοντα υπολογίζεται από το άθροισμα των επιμέρους γινομένων του Συντελεστή βαρύτητας  $A$  με τον Ρυθμό Επίδρασης  $B$ , για κάθε κατηγορία πλημμυρικής επικινδυνότητας. Το ποσοστό επίδρασης του κάθε παράγοντα προκύπτει αν διαιρεθεί το βάρος του εκάστοτε παράγοντα με το συνολικό βάρος όλων των παραγόντων.

Πίνακας 15: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 25 ετών

Παράγοντας	Περιοχή Επίδρασης	Πλημμυρική Επικινδυνότητα	A	B	A x B	Βάρος	Επίδραση (%)
Ροή (Εικονοστοιχεία)	<u>294.147 – 652.237</u> <u>161.142 – 294.146</u> <u>69.061 – 161.141</u> <u>15.348 – 69.060</u> <u>0 – 15.347</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	1.5	<u>15</u> <u>12</u> <u>8</u> <u>3</u> <u>2</u>	40	10.53
Κλίση (Μοίρες)	<u>0 – 5</u> <u>6 – 11</u> <u>12 – 18</u> <u>19 – 26</u> <u>27 – 79</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	2	<u>20</u> <u>16</u> <u>10</u> <u>4</u> <u>2</u>	52	13.68
Χρήσεις Γης	<u>Αστικές – Βιομηχανικές Περιοχές</u> <u>Περιοχές με αραιή βλάστηση – Καμένες και βραχώδεις εκτάσεις</u> <u>Καλλιέργειες και Βοσκοτόπια</u> <u>Αγροτικές Περιοχές</u> <u>Δασικές εκτάσεις</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	3	<u>30</u> <u>24</u> <u>15</u> <u>6</u> <u>3</u>	78	20.53
Αριθμός Καμπύλης CN	<u>88 – 100</u> <u>83 – 87</u> <u>70 – 82</u> <u>51 – 69</u> <u>35 – 50</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	2	<u>20</u> <u>16</u> <u>10</u> <u>4</u> <u>2</u>	52	13.68
Ένταση Βροχόπτωσης (mm/h) (i = 6, 25)	<u>18 – 20</u> <u>15 – 18</u> <u>13 – 15</u> <u>11 – 13</u> <u>8 – 11</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	1.5	<u>15</u> <u>12</u> <u>8</u> <u>3</u> <u>2</u>	40	10.53
Υψόμετρο (m)	<u>0 – 131</u> <u>132 – 301</u> <u>302 – 498</u> <u>499 – 749</u> <u>750 – 1395</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	4.5	<u>45</u> <u>36</u> <u>23</u> <u>9</u> <u>5</u>	118	31.05
Σύνολο						380	100

Πίνακας 16: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 50 ετών

Ένταση Βροχόπτωσης (mm/h) (i = 6, 50)	20 – 23	Πολύ Υψηλή	<u>10</u>	1.5	<u>15</u>	40	10.53
	18 – 20	Υψηλή	<u>8</u>		<u>12</u>		
	15 – 18	Μέτρια	<u>5</u>		<u>8</u>		
	12 - 15	Χαμηλή	<u>2</u>		<u>3</u>		
	10 - 12	Πολύ Χαμηλή	<u>1</u>		<u>2</u>		

Πίνακας 17: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 100 ετών

Ένταση Βροχόπτωσης (mm/h) (i = 6, 100)	23 – 26	Πολύ Υψηλή	<u>10</u>	1.5	<u>15</u>	40	10.53
	20 – 23	Υψηλή	<u>8</u>		<u>12</u>		
	17 – 20	Μέτρια	<u>5</u>		<u>8</u>		
	14 - 17	Χαμηλή	<u>2</u>		<u>3</u>		
	11 - 14	Πολύ Χαμηλή	<u>1</u>		<u>2</u>		

Πίνακας 18: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 500 ετών

Ένταση Βροχόπτωσης (mm/h) (i = 6, 500)	31 – 35	Πολύ Υψηλή	<u>10</u>	1.5	<u>15</u>	40	10.53
	27 – 31	Υψηλή	<u>8</u>		<u>12</u>		
	23 – 27	Μέτρια	<u>5</u>		<u>8</u>		
	18 - 23	Χαμηλή	<u>2</u>		<u>3</u>		
	14 - 18	Πολύ Χαμηλή	<u>1</u>		<u>2</u>		

Πίνακας 19: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για ένταση βροχόπτωσης με περίοδο επαναφοράς 1000 ετών

Ένταση Βροχόπτωσης (mm/h) (i = 6, 1000)	35 – 39	Πολύ Υψηλή	<u>10</u>	1.5	<u>15</u>	40	10.53
	30 – 35	Υψηλή	<u>8</u>		<u>12</u>		
	25 – 30	Μέτρια	<u>5</u>		<u>8</u>		
	21 - 25	Χαμηλή	<u>2</u>		<u>3</u>		
	16 - 21	Πολύ Χαμηλή	<u>1</u>		<u>2</u>		

Με τη διαδικασία αυτή, προέκυψε ο τελικός χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας του υδατικού διαμερίσματος της Αττικής, και με βάση τη μέθοδο της σταθμισμένης επικάλυψης, κάθε επιμέρους θεματικός χάρτης πολλαπλασιάζεται με το ποσοστό επίδρασης του και, τελικά, οι παραγόμενοι χάρτες αθροίζονται. Ακριβώς η ίδια διαδικασία ακολουθείται, όταν στη μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων χρησιμοποιείται η βροχόπτωση, όπως προκύπτει από τη χρήση του Modified Fournier Index (MFI), αντί για την ένταση της βροχόπτωσης.

Πίνακας 20: Μεθοδολογία αξιολόγησης των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα για βροχόπτωση (MFI)

Παράγοντας	Περιοχή Επίδρασης	Πλημμυρική Επικινδυνότητα	A	B	A x B	Βάρος	Επίδραση (%)
Ροή (Εικονοστοιχεία)	<u>294.147 – 652.237</u> <u>161.142 – 294.146</u> <u>69.061 – 161.141</u> <u>15.348 – 69.060</u> <u>0 – 15.347</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	1.5	<u>15</u> <u>12</u> <u>8</u> <u>3</u> <u>2</u>	40	10.53
Κλίση (Μοίρες)	<u>0 – 5</u> <u>6 – 11</u> <u>12 – 18</u> <u>19 – 26</u> <u>27 – 79</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	2	<u>20</u> <u>16</u> <u>10</u> <u>4</u> <u>2</u>	52	13.68
Χρήσεις Γης	<u>Αστικές –</u> <u>Βιομηχανικές</u> <u>Περιοχές</u> <u>Περιοχές με αραιή</u> <u>βλάστηση – Καμένες</u> <u>και βραχώδεις</u> <u>εκτάσεις</u> <u>Καλλιέργειες και</u> <u>Βοσκοτόπια</u> <u>Αγροτικές Περιοχές</u> <u>Δασικές εκτάσεις</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	3	<u>30</u> <u>24</u> <u>15</u> <u>6</u> <u>3</u>	78	20.53
Αριθμός Καμπύλης CN	<u>88 – 100</u> <u>83 – 87</u> <u>70 – 82</u> <u>51 – 69</u> <u>35 – 50</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	2	<u>20</u> <u>16</u> <u>10</u> <u>4</u> <u>2</u>	52	13.68
Βροχόπτωση (mm)	<u>29.8 – 30</u> <u>28.4 – 29.7</u> <u>27.1 – 28.3</u> <u>25.7 – 27</u> <u>24.3 – 25.6</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u> <u>Υψηλή</u> <u>Μέτρια</u> <u>Χαμηλή</u> <u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>10</u> <u>8</u> <u>5</u> <u>2</u> <u>1</u>	1.5	<u>15</u> <u>12</u> <u>8</u> <u>3</u> <u>2</u>	40	10.53

Παράγοντας	Περιοχή Επίδρασης	Πλημμυρική Επικινδυνότητα	A	B	A x B	Βάρος	Επίδραση (%)
Υψόμετρο (m)	<u>0 – 131</u>	<u>Πολύ Υψηλή</u>	<u>10</u>	4.5	<u>45</u>	118	31.05
	<u>132 – 301</u>	<u>Υψηλή</u>	<u>8</u>		<u>36</u>		
	<u>302 – 498</u>	<u>Μέτρια</u>	<u>5</u>		<u>23</u>		
	<u>499 – 749</u>	<u>Χαμηλή</u>	<u>2</u>		<u>9</u>		
	<u>750 - 1395</u>	<u>Πολύ Χαμηλή</u>	<u>1</u>		<u>5</u>		
<b>Σύνολο</b>						380	100



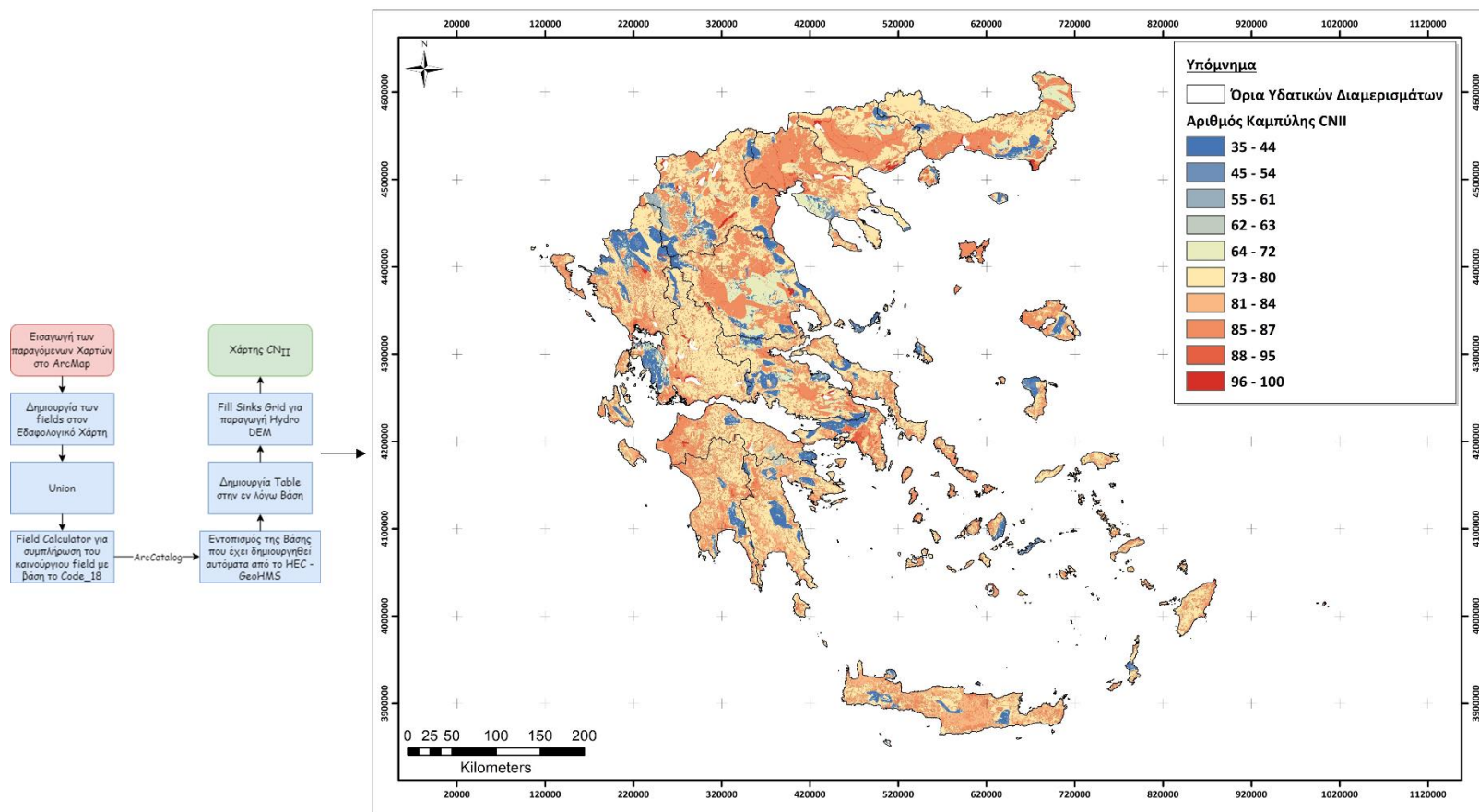
### **3. Αποτελέσματα Εκτίμησης Αριθμού Καμπύλης CN για την Ελλάδα**

#### **3.1 Μέσες Συνθήκες**

Στον χάρτη της Εικόνας 18, απεικονίζεται ο αριθμός CN για μέσες συνθήκες (CNII). Επιπλέον, στην Εικόνα 18 παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή του χάρτη απεικόνισης του αριθμού καμπύλης απορροής CN, για την Ελλάδα, για μέσες συνθήκες, η οποία εξηγήθηκε στο Κεφάλαιο 2.10.1 (Εικόνα 14).

Στη συνέχεια, ο χάρτης που προκύπτει απεικονίζει την τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN, για μέσες συνθήκες (CNII), για την ελληνική επικράτεια. Με το χρώμα μπλε και τις αποχρώσεις του, απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μικρή, δηλαδή από 35 έως και 63 (9.7 %), ενώ με το χρώμα κόκκινο και τις αποχρώσεις του, απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μεγάλη, δηλαδή από 81 έως και 100 (43.7 %). Με κίτρινες αποχρώσεις απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή CN είναι μέτρια, δηλαδή από 64 έως και 80 (46.6 %).

Με κόκκινο και τις αντίστοιχες αποχρώσεις, απεικονίζονται οι περιοχές με αστικό ιστό και οι πεδινές περιοχές, ενώ με μπλε χρώμα και τις αντίστοιχες αποχρώσεις, απεικονίζονται οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο και πιο έντονη εδαφική κλίση, όπως οι ορεινές περιοχές, ενώ οι ημιορεινές περιοχές απεικονίζονται με κίτρινο.



Εικόνα 18: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις μέσες συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για μέσες συνθήκες



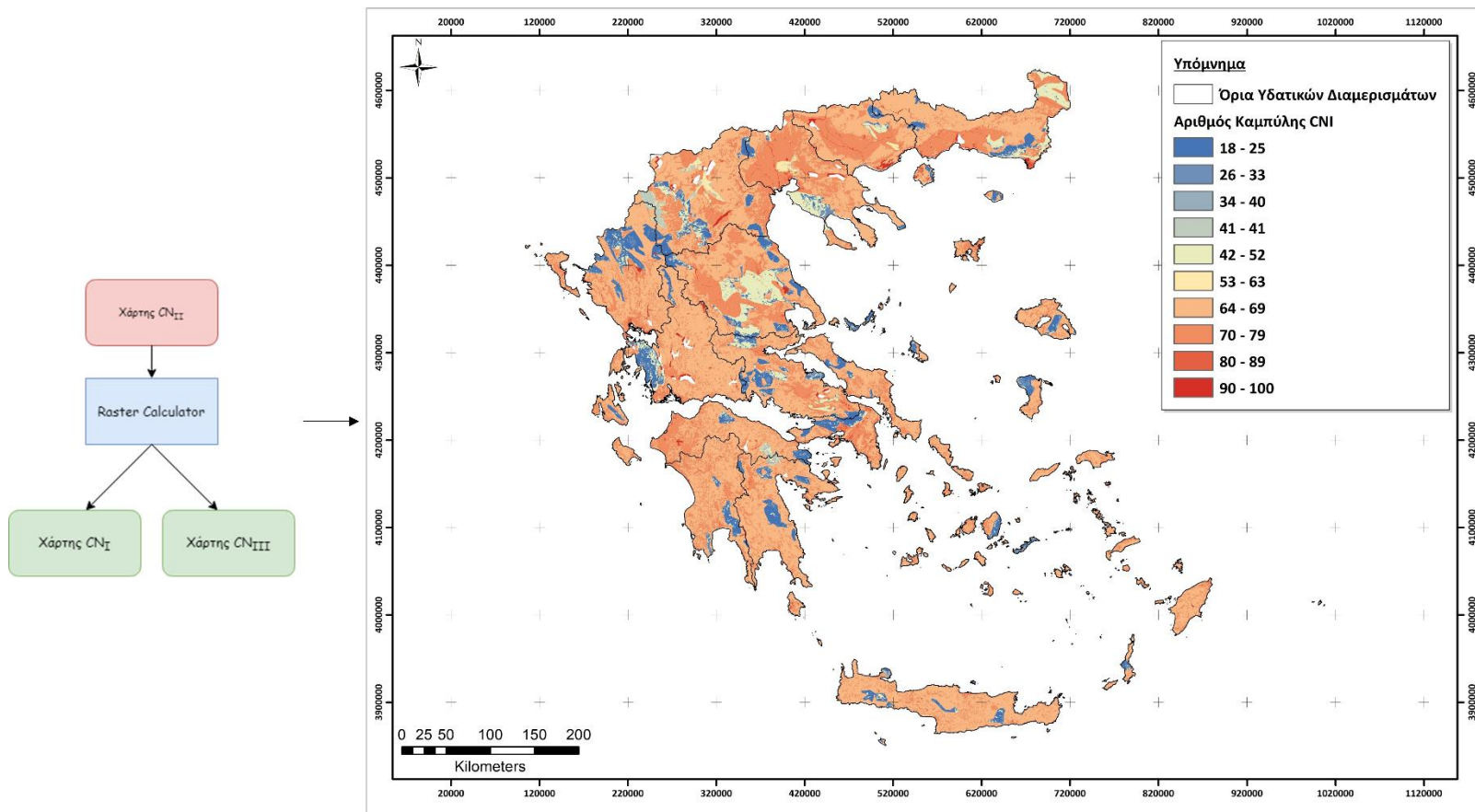
### 3.2 Ξηρές και Υγρές Συνθήκες

Με την διαδικασία, η οποία περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2.10.2, εκτιμήθηκε με χρήση της Εξ. (2) και της Εξ. (3) ο αριθμός καμπύλης απορροής (CN), τόσο για ξηρές (CN<sub>I</sub>), όσο και για υγρές συνθήκες (CN<sub>III</sub>), για όλη την Ελλάδα.

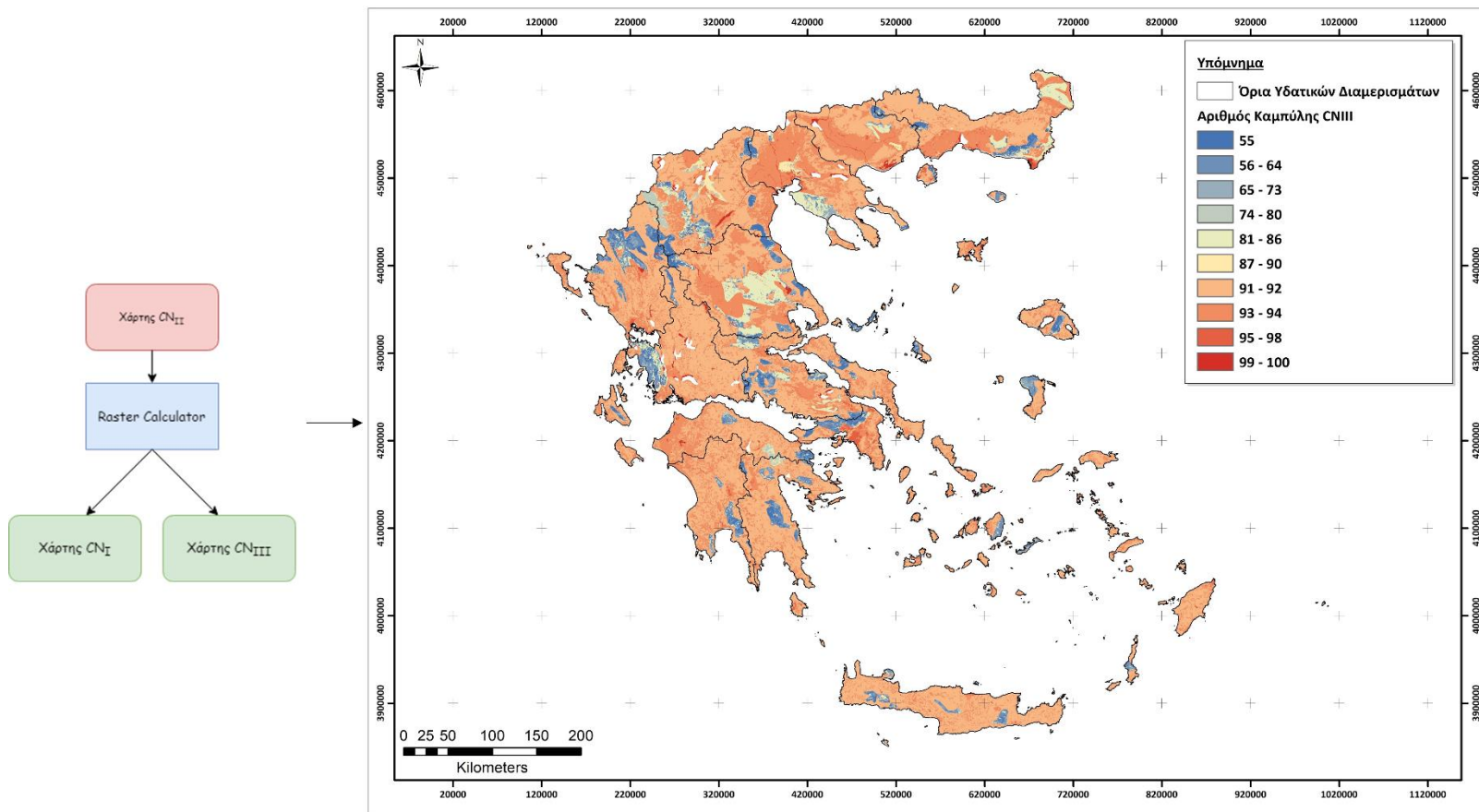
Στην Εικόνα 19, απεικονίζεται ο αριθμός καμπύλης απορροής CN για ξηρές συνθήκες (CN<sub>I</sub>), δηλαδή όταν έχει δεχθεί συνολικό ύψος βροχής τις προηγούμενες 5 ημέρες, είτε λιγότερο από 13 mm (για τις χειμερινές περιόδους), είτε λιγότερο από 35 mm (για τις περιόδους βλάστησης) (Τσακίρης, 2013). Με το χρώμα μπλε και τις αποχρώσεις του, απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μικρή, δηλαδή από 18 έως και 41, ενώ με το χρώμα κόκκινο και τις αποχρώσεις του, απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μεγάλη, δηλαδή από 64 έως και 100. Με κίτρινες αποχρώσεις, απεικονίζονται οι περιοχές, όπου η τιμή CN είναι μέτρια, δηλαδή από 42 έως και 63. Με κόκκινο και τις αντίστοιχες αποχρώσεις απεικονίζονται οι περιοχές με αστικό ιστό και οι πεδινές περιοχές, ενώ με μπλε χρώμα και τις αντίστοιχες αποχρώσεις, απεικονίζονται οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο και πιο έντονη εδαφική κλίση, όπως οι ορεινές περιοχές, ενώ οι ημιορεινές περιοχές απεικονίζονται με κίτρινο.

Αντίστοιχα, στην Εικόνα 20, απεικονίζεται ο αριθμός καμπύλης απορροής CN, για υγρές συνθήκες (CN<sub>III</sub>) δηλαδή, όταν έχει δεχθεί συνολικό ύψος βροχής τις προηγούμενες 5 ημέρες, είτε περισσότερο από 28 mm (για τις χειμερινές περιόδους), είτε περισσότερο από 53 mm (για τις περιόδους βλάστησης) (Τσακίρης, 2013). Με το χρώμα μπλε και τις αποχρώσεις του, απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μικρή, δηλαδή από 55 έως και 80, ενώ με το χρώμα κόκκινο και τις αποχρώσεις του απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή του CN είναι μεγάλη, δηλαδή από 91 έως και 100. Με κίτρινες αποχρώσεις απεικονίζονται οι περιοχές της Ελλάδας, όπου η τιμή CN είναι μέτρια, δηλαδή από 81 έως και 90. Με κόκκινο και τις αντίστοιχες αποχρώσεις απεικονίζονται οι περιοχές με αστικό ιστό και οι πεδινές περιοχές, ενώ με μπλε χρώμα και τις αντίστοιχες αποχρώσεις απεικονίζονται οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο και πιο έντονη εδαφική κλίση, όπως οι ορεινές περιοχές, ενώ οι ημιορεινές περιοχές απεικονίζονται με κίτρινο.





Εικόνα 19: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις ξηρές συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για ξηρές συνθήκες

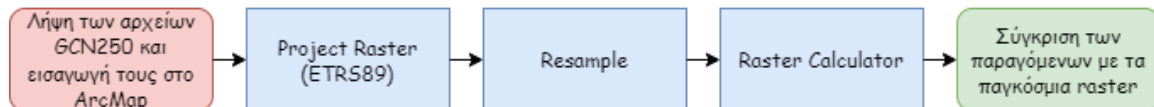


Εικόνα 20: Διαδικασία κατάρτισης του Χάρτη CN για τις υγρές συνθήκες και Χάρτη του Αριθμού Καμπύλης CN για υγρές συνθήκες

### 3.3 Σύγκριση του αριθμού καμπύλης CN για την Ελλάδα με εκείνον των Jaafar et al. (2019)

Από την έρευνα των Jaafar et al. (2019), λήφθηκαν ελεύθερα τα δεδομένα για τους αριθμούς καμπύλης CN, για όλες τις πιθανές επικρατούσες συνθήκες (CNI, CNII και CNIII) σε ψηφιακή μορφή, για ολόκληρη την υφήλιο. Οι Jaafar et al. (2019) βασίστηκαν στις οδηγίες που παρέχει το USDA για τη μετατροπή των τιμών CN, από μέσες (CN<sub>II</sub>) σε ξηρές (CN<sub>I</sub>) και υγρές (CN<sub>III</sub>) συνθήκες.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η λήψη των αρχείων GCN250, όπως προέκυψαν από τη μελέτη των Jaafar et al. (2019) και εισήχθησαν στο ArcMap. Στη συνέχεια, ορίστηκε ως σύστημα συντεταγμένων τους το ETRS 89 και με τη βοήθεια της εντολής Resample (Data Management), τα raster αρχεία που προέκυψαν για τους αριθμούς καμπύλης CN για όλες τις πιθανές επικρατούσες συνθήκες για την Ελλάδα, απέκτησαν το ίδιο μέγεθος κελιού (cell size) με εκείνα της βάσης GCN250, για να γίνει δυνατή η σύγκρισή τους. Μέσω της χρήσης του Raster Calculator (Spatial Analyst) του ArcMap, προέκυψαν τα αρχεία raster που περιείχαν τις τιμές μεταξύ των raster που συγκρίθηκαν (Εικόνα 21).



Εικόνα 21: Διαδικασία κατάρτισης των Χαρτών Σύγκρισης των CN

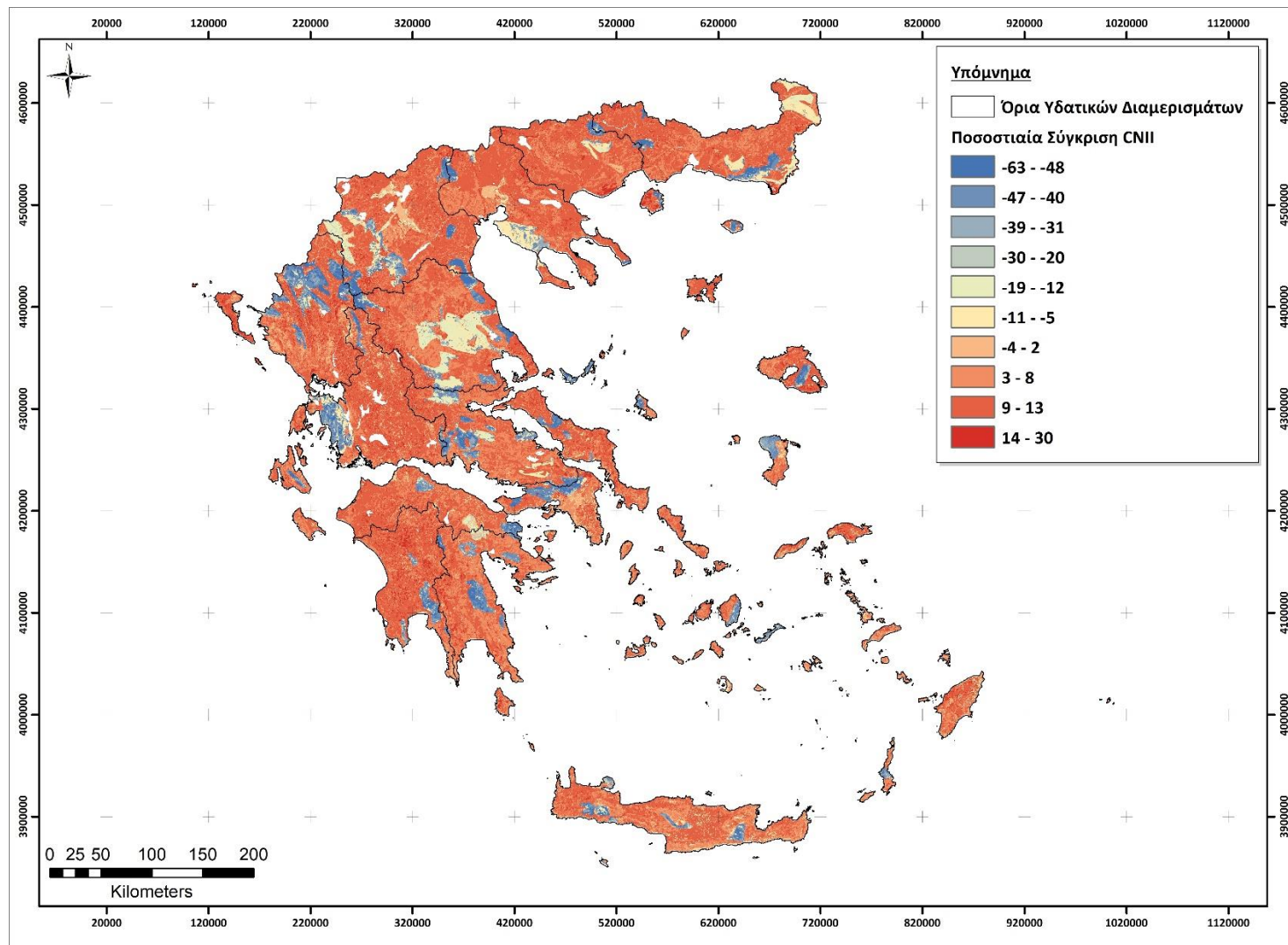
Έτσι, το αποτέλεσμα οπτικοποιήθηκε και προέκυψαν τρεις νέοι χάρτες, που απεικόνιζαν τις συγκριτικές τιμές μεταξύ των αρχείων raster, που περιείχαν τους αριθμούς καμπύλης CN για τις εκάστοτε συνθήκες, παγκοσμίως, με τα αντίστοιχα resampled αρχεία raster, που περιείχαν τους αριθμούς καμπύλης CN για τις εκάστοτε συνθήκες, που επικρατούν στην Ελλάδα. Οι αρνητικές τιμές είναι πιθανό να οφείλονται στη διαφορά των τιμών μεταξύ των δύο αρχείων.

Στην Εικόνα 22 παρουσιάζεται η σύγκριση του αριθμού καμπύλης απορροής CN για τις μέσες συνθήκες (CNII). Παρατηρείται ότι στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης

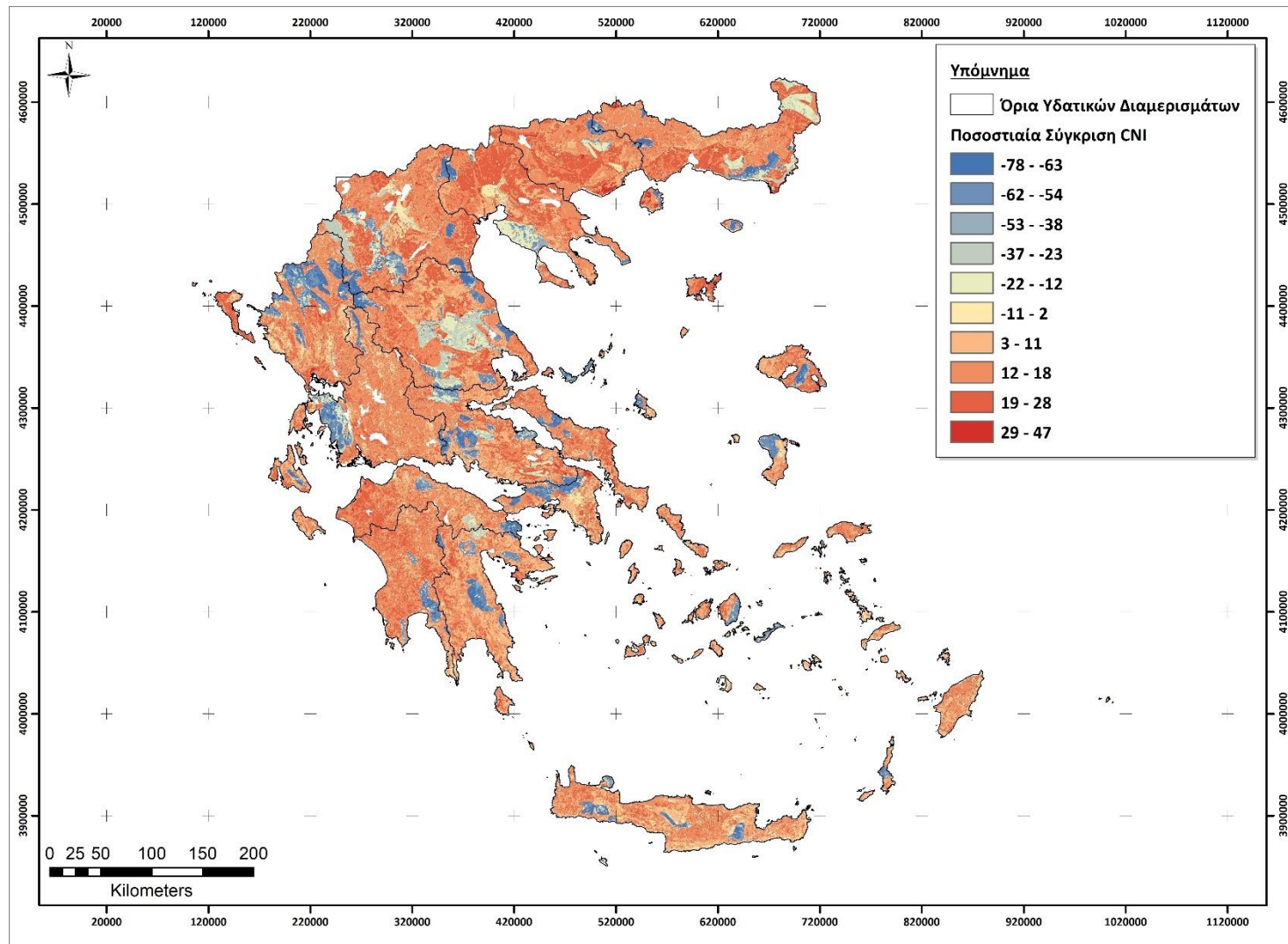
απορροής είναι χαμηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μεγαλύτερη, αγγίζοντας το 63 %. Αντίθετα στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης απορροής είναι υψηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μικρότερη, με την χαμηλότερη τιμή να είναι το 2 %. Οι περιοχές με τις μέτριες τιμές του CN παρουσιάζουν από πολύ χαμηλές ποσοστιαίες διαφορές έως και μέτριες (5 % - 19 %).

Στην Εικόνα 23 φαίνεται η σύγκριση του αριθμού καμπύλης απορροής CN για τις ξηρές συνθήκες (CNI). Παρατηρείται ότι στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης απορροής είναι χαμηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μεγαλύτερη, αγγίζοντας το 78 %. Αντίθετα στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης απορροής είναι υψηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μικρότερη, με την χαμηλότερη τιμή να είναι το 3 %. Οι περιοχές με τις μέτριες τιμές του CN παρουσιάζουν από πολύ χαμηλές έως και μέτριες ποσοστιαίες διαφορές (2 % - 22 %).

Στην Εικόνα 24 φαίνεται η σύγκριση του αριθμού καμπύλης απορροής CN για τις υγρές συνθήκες (CNIII). Παρατηρείται ότι στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης απορροής είναι χαμηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μεγαλύτερη, αγγίζοντας το 4 %. Αντίθετα στις περιοχές που ο αριθμός καμπύλης απορροής είναι υψηλός, η ποσοστιαία διαφορά μεταξύ του παγκόσμιου CN και του CN της Ελλάδας είναι μικρότερη, με την χαμηλότερη τιμή να είναι το 0 %, όπου και ταυτίζονται. Οι περιοχές με τις μέτριες τιμές του CN παρουσιάζουν από πολύ χαμηλές ποσοστιαίες διαφορές έως και μέτριες (4 % - 11 %).

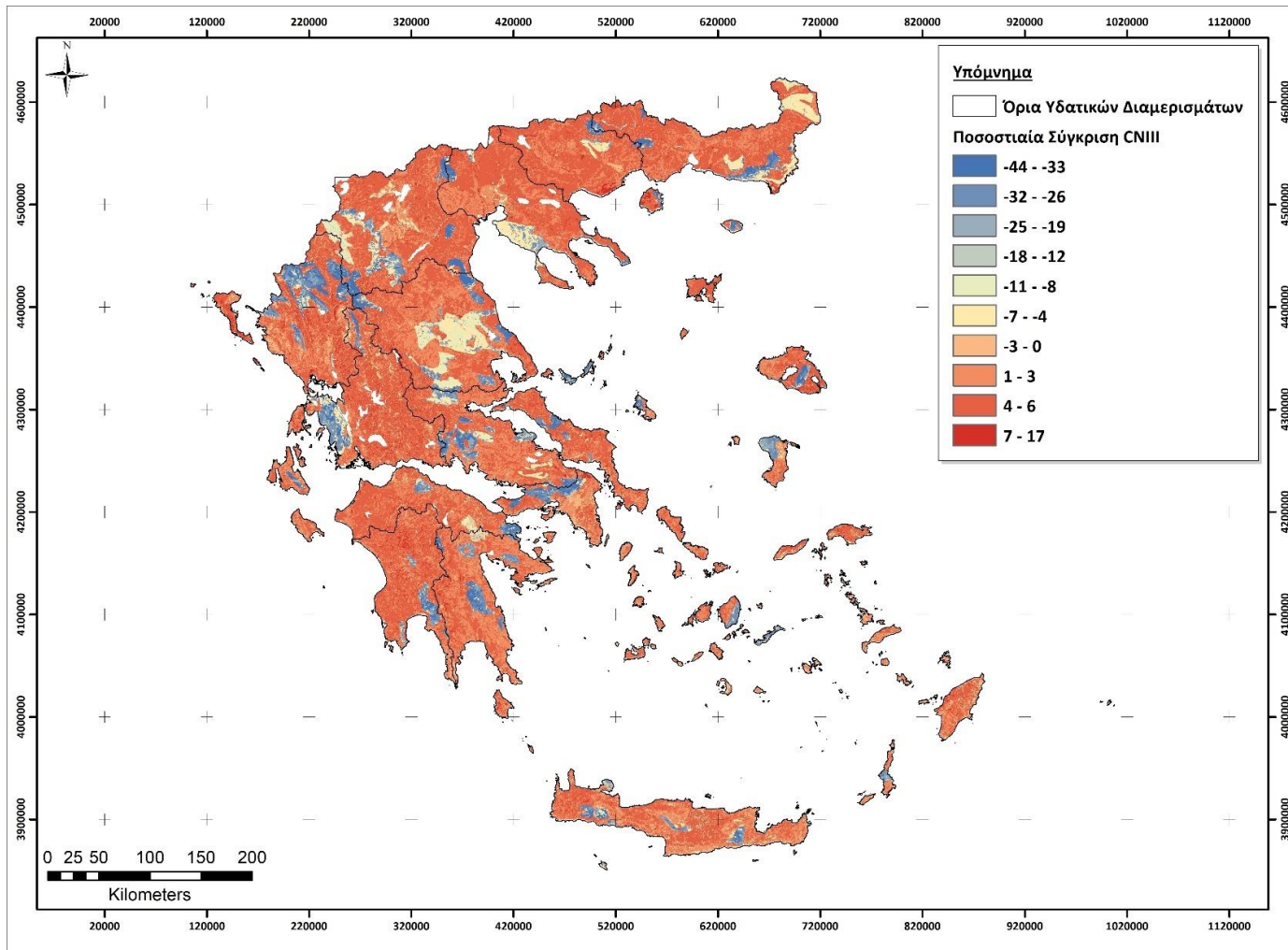


Εικόνα 22: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για μέσες συνθήκες



Εικόνα 23: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για ξηρές συνθήκες

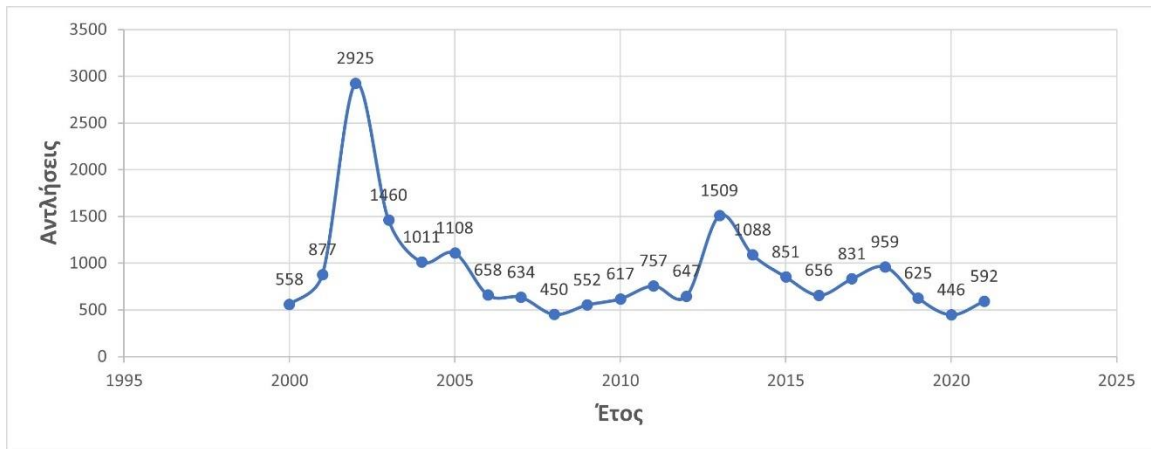




Εικόνα 24: Χάρτης σύγκρισης του παγκόσμιου CN με αυτό της Ελλάδας για υγρές συνθήκες

### 3.4 Αντλήσεις από την Πυροσβεστική ανά έτος στην Αττική

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 25, το 2002 καταγράφηκαν οι περισσότερες κλήσεις (2,925 κλήσεις) για άντληση υδάτων προς την Πυροσβεστική, για το Νομό Αττικής. Αντίθετα, το 2020 καταγράφηκαν οι λιγότερες κλήσεις (446) για άντληση υδάτων προς την Πυροσβεστική, για το Νομό Αττικής. Όλες τις υπόλοιπες χρονιές, τα περιστατικά δεν υπερέβαιναν τα 1,509 (2013), αλλά δεν ήταν και λιγότερα από 450 (2008).

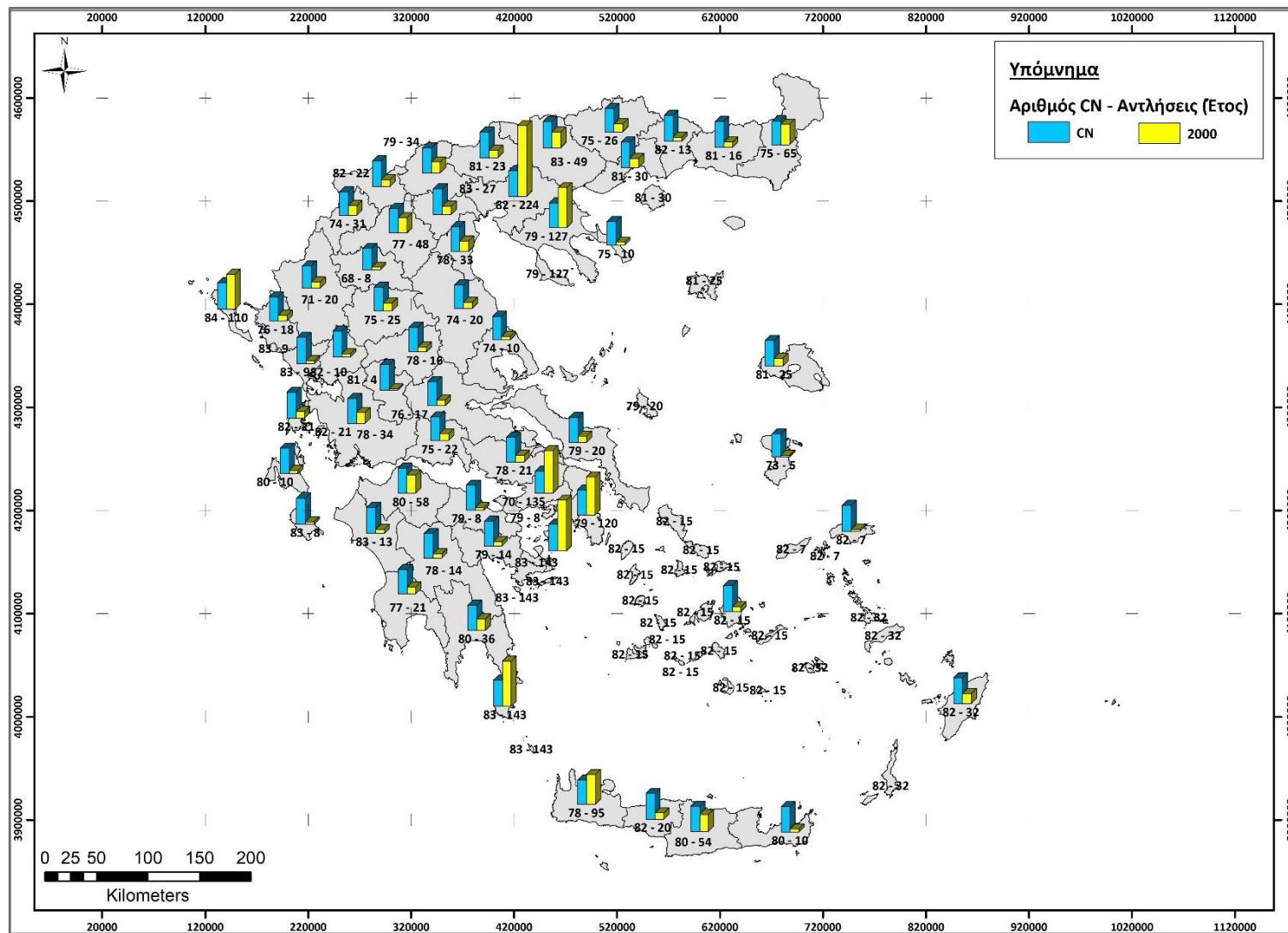


Εικόνα 25: Γραφική Παράσταση των Αντλήσεων στην Αττική ανά Έτος

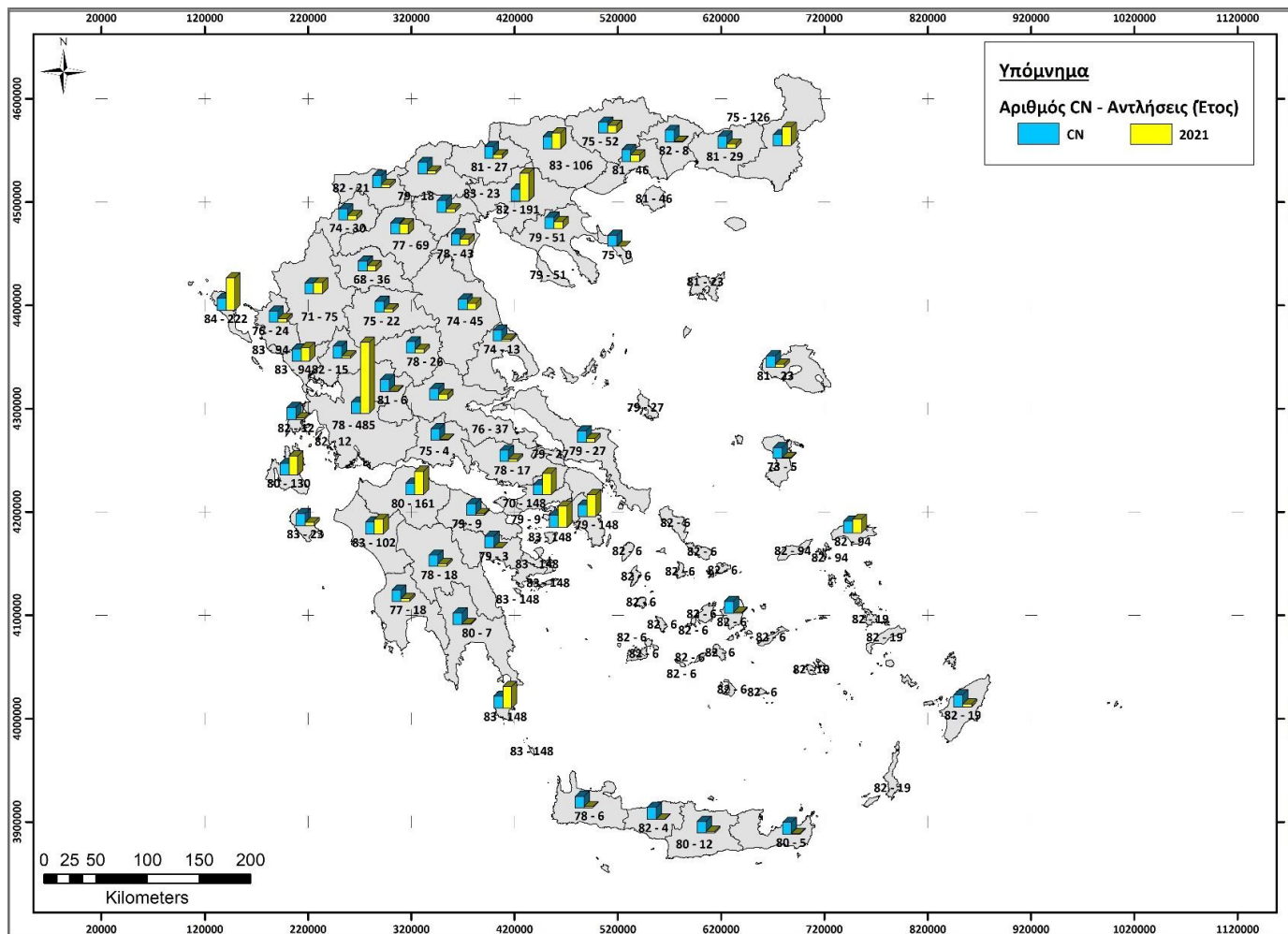
Σύμφωνα με τα δεδομένα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, ακολουθεί ένας ενδεικτικός χάρτης, ο οποίος απεικονίζει τον αριθμό των κλήσεων για άντληση υδάτων συναρτήσει μίας μέσης τιμής του αριθμού καμπύλης απορροής CN, για κάθε νομό, για το έτος 2000, όπως κι ένας ενδεικτικός χάρτης για το έτος 2021. Για το έτος 2000, παρατηρείται ότι στην Αττική (558), στη Θεσσαλονίκη (224), στη Χαλκιδική (127), στη Κέρκυρα (110), αλλά και στα Χανιά (95) έχουν καταγραφεί οι περισσότερες κλήσεις προς την Πυροσβεστική για άντληση υδάτων (Εικόνα 26). Για το έτος 2021, παρατηρείται ότι στην Αττική (592), στη Θεσσαλονίκη (191), στην Αιτωλοακαρνανία (485), στη Κέρκυρα (222), στη Κεφαλονιά (130), στις Σέρρες (106), στην Ηλεία (102), στον Έβρο (126), αλλά και στην Αχαΐα (161) έχουν καταγραφεί οι περισσότερες κλήσεις προς την Πυροσβεστική για άντληση υδάτων (Εικόνα 27). Παρατηρείται, τόσο στην Εικόνα 26, όσο και στην Εικόνα 27, ότι ο αριθμός

CN δε διαφέρει τόσο πολύ στα μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, από τις μικρότερες επαρχιακές πόλεις, όπως ο Βόλος και το Αγρίνιο. Όμως, η διαφορά στις κλήσεις προς την Πυροσβεστική Υπηρεσία για άντληση υδάτων είναι πολύ μεγάλη. Ένας από τους κυριότερους λόγους που συμβαίνει αυτό είναι το γεγονός ότι τα μεγάλα αστικά κέντρα με τον συνεχή αστικό ιστό είναι πιο επιρρεπή σε πλημμύρες, ενώ οι μικρότερες επαρχιακές πόλεις όχι.

Στο παράρτημα, παρουσιάζονται οι χάρτες με τις αντλήσεις συναρτήσει μίας μέσης τιμής του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό. Από τις εικόνες του παραρτήματος, διαπιστώνεται ότι το 2001 καταγράφηκαν 877 περιστατικά άντλησης υδάτων (Εικόνα Π2), το 2002 καταγράφηκαν 2925 (Εικόνα Π3), το 2003 καταγράφηκαν 1460 (Εικόνα Π4), το 2004 καταγράφηκαν 1011 (Εικόνα Π5), το 2005 καταγράφηκαν 1108 (Εικόνα Π6), το 2006 καταγράφηκαν 658 (Εικόνα Π7), το 2007 καταγράφηκαν 634 (Εικόνα Π8), το 2008 καταγράφηκαν 450 (Εικόνα Π9), το 2009 καταγράφηκαν 552 (Εικόνα Π10), το 2010 καταγράφηκαν 617 (Εικόνα Π11), το 2011 καταγράφηκαν 757 (Εικόνα Π12), το 2012 καταγράφηκαν 647 (Εικόνα Π13), το 2013 καταγράφηκαν 1509 (Εικόνα Π14), το 2014 καταγράφηκαν 1088 (Εικόνα Π15), το 2015 καταγράφηκαν 851 (Εικόνα Π16), το 2016 καταγράφηκαν 656 (Εικόνα Π17), το 2017 καταγράφηκαν 831 (Εικόνα Π18), το 2018 καταγράφηκαν 959 (Εικόνα Π19), το 2019 καταγράφηκαν 625 (Εικόνα Π20) και, τέλος, το 2020 καταγράφηκαν 446 (Εικόνα Π21).



Εικόνα 26: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2000 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



Εικόνα 27: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2021 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



#### **4. Αποτελέσματα Πλημμυρικής Επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής**

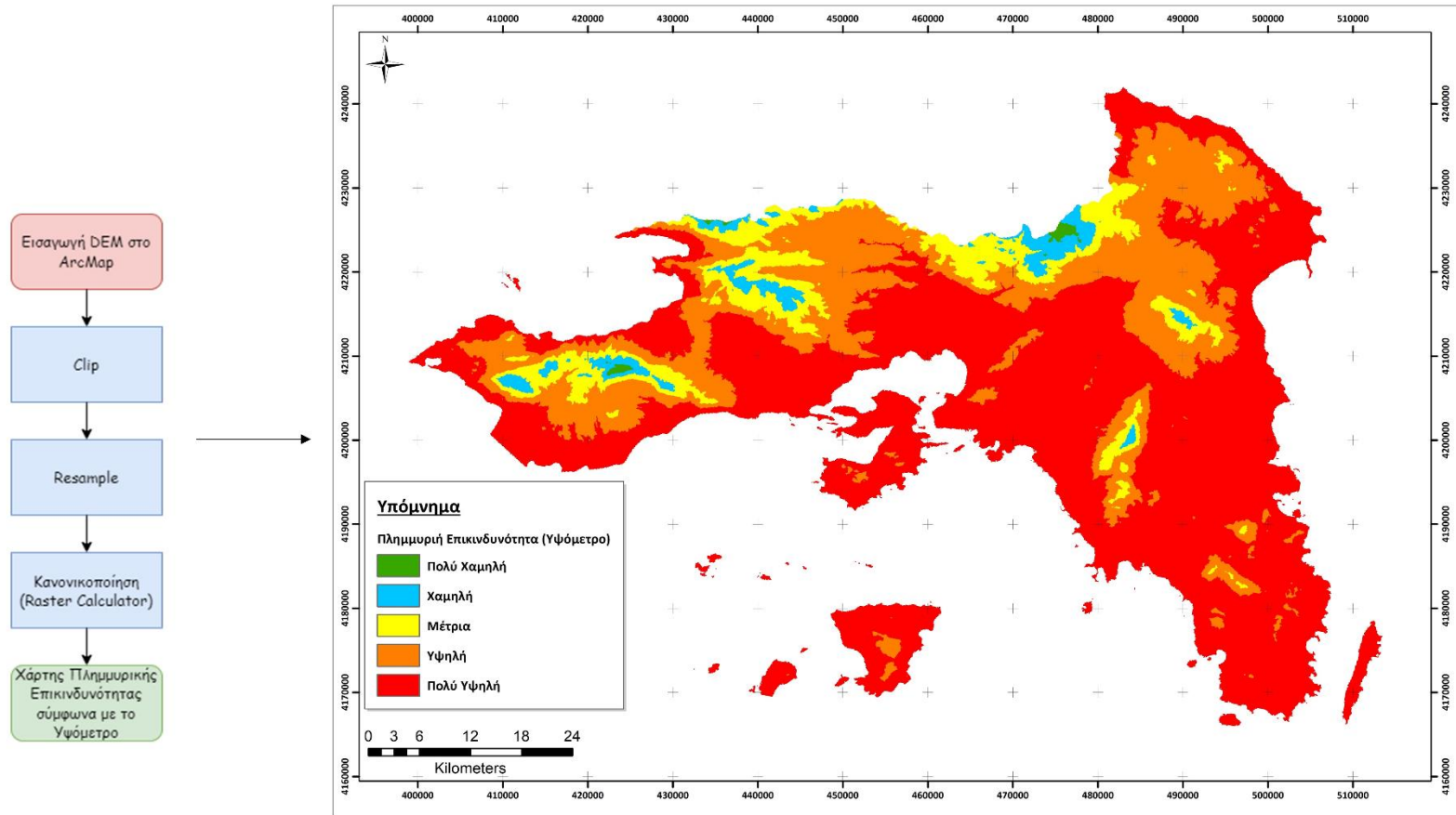
##### **(E106)**

Για την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής, πραγματοποιήθηκε, αρχικά, η δημιουργία έξι επιμέρους θεματικών χαρτών, οι οποίοι απεικόνιζαν την πλημμυρική επικινδυνότητα στην Αττική σε σχέση με τους παρακάτω παράγοντες:

1. Το υψόμετρο
2. Την κλίση
3. Τις χρήσεις γης
4. Την ένταση βροχόπτωσης
5. Τη συσσώρευση ροής
6. Τον αριθμό καμπύλης απορροής CN

##### **4.1 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με το Υψόμετρο**

Αρχικά, παράχθηκε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας, για την Αττική, σύμφωνα με το υψόμετρο. Ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με το υψόμετρο παρουσιάζεται στην Εικόνα 28. Παρατηρώντας την Εικόνα 28, παρατηρείται ότι οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο εμφανίζουν και μεγαλύτερη πιθανότητα πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ οι περιοχές με υψηλό υψόμετρο εμφανίζουν μικρότερη. Δηλαδή, οι παραθαλάσσιες και οι πεδινές περιοχές είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, ενώ οι ορεινές όχι (Εικόνα 28).

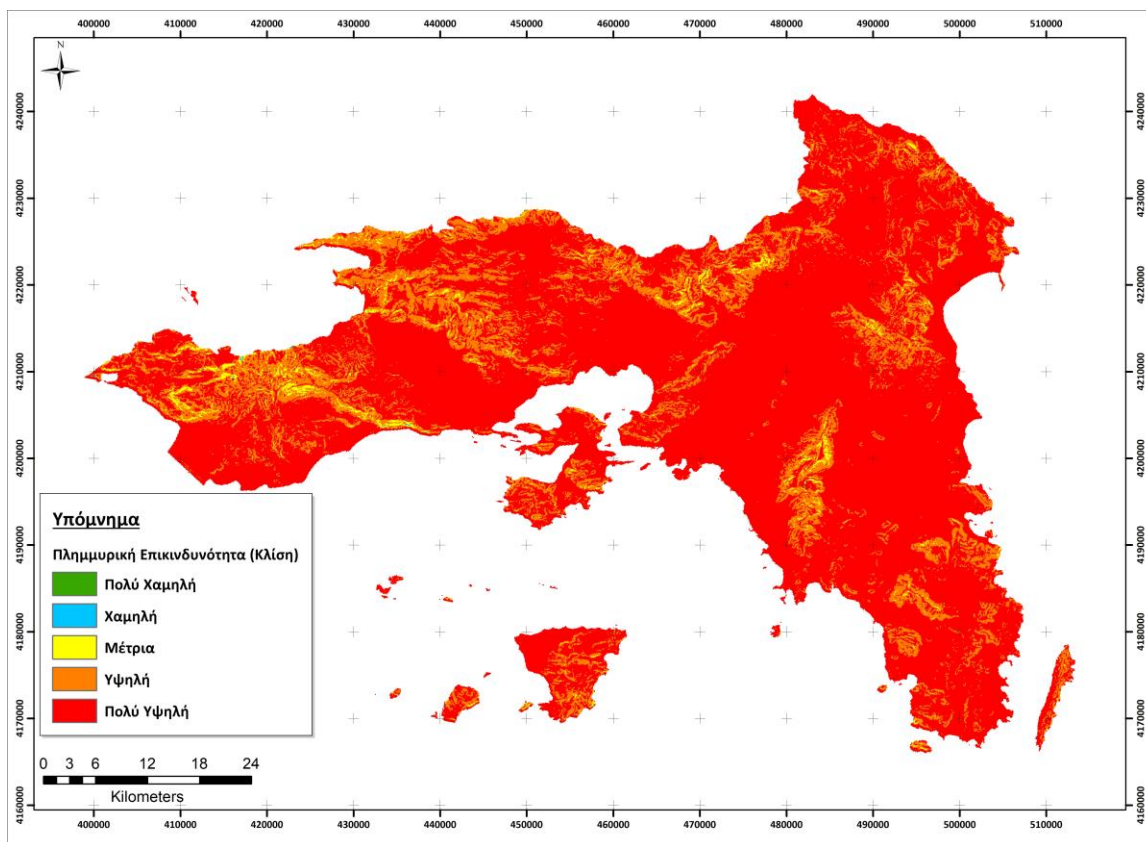


Εικόνα 28: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με το υψόμετρο



#### 4.2 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Κλίση

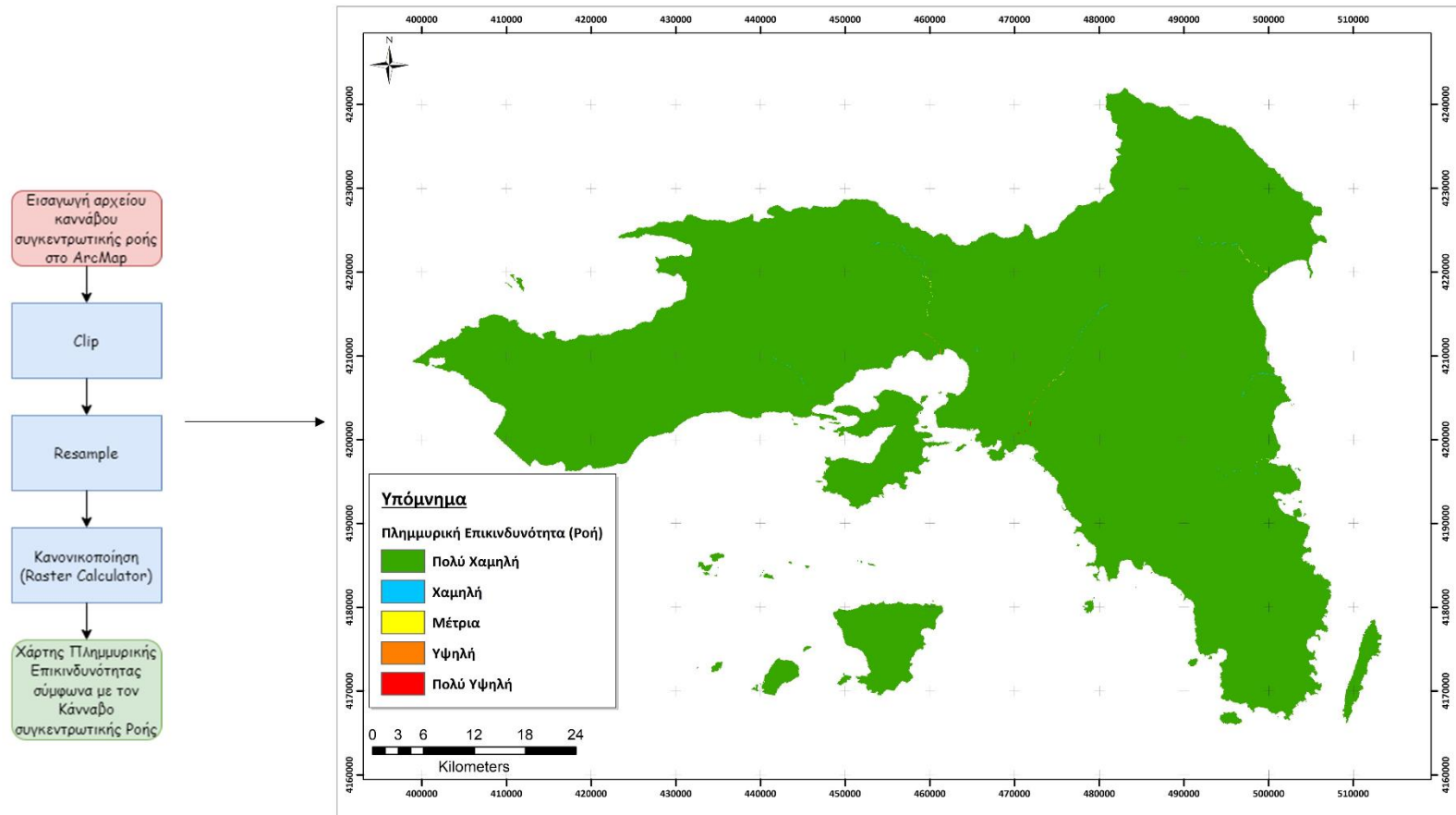
Ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τις κλίσεις του εδάφους παρουσιάζεται στην Εικόνα 29. Παρατηρώντας τον χάρτη, φαίνεται ότι οι περιοχές με μικρές κλίσεις εμφανίζουν και μεγαλύτερη πιθανότητα πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ οι περιοχές με μεγάλες κλίσεις εμφανίζουν μικρότερη. Δηλαδή, οι παραθαλάσσιες και οι πεδινές περιοχές είναι επιρρεπείς σε πλημμύρες, ενώ οι ορεινές όχι, όπως, αντίστοιχα, και στο χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας με βάση το υψόμετρο.



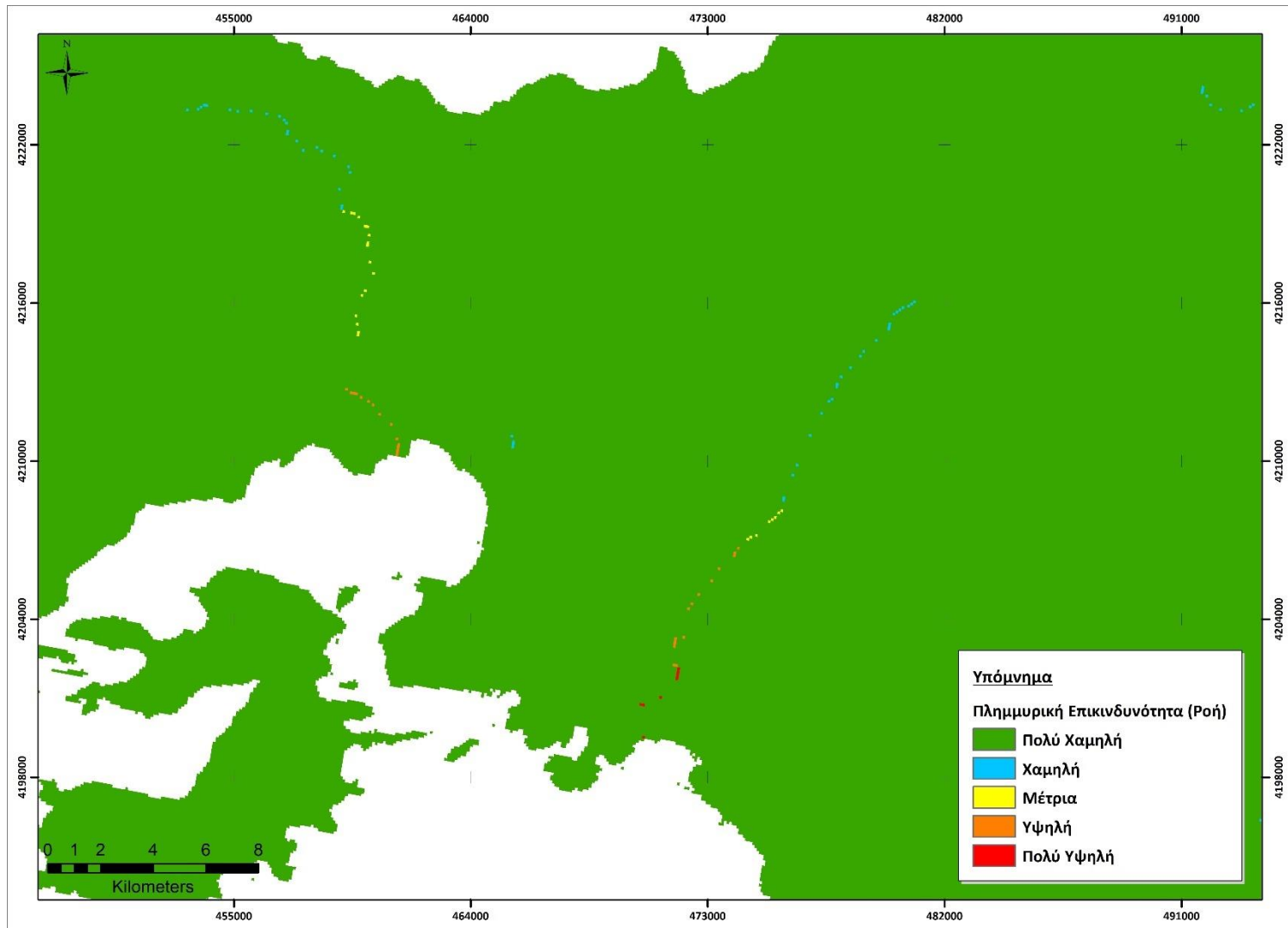
Εικόνα 29: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τις κλίσεις του εδάφους

### **4.3 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Συσσώρευση Ροής**

Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τη συσσώρευση ροής. Παρατηρώντας τον χάρτη, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης παρουσιάζει χαμηλή ή και πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Από μέτρια έως και πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα παρουσιάζουν τα σώματα νερού, στα οποία, λόγω του τοπογραφικού ανάγλυφου, υπάρχει μεγαλύτερη συσσώρευση επιφανειακής ροής. Ο χάρτης συγκέντρωσης ροής προσδιορίζει τα σημεία σημαντικής συγκέντρωσης επιφανειακού νερού. Ουσιαστικά, στην Εικόνα 30 φαίνεται ότι οι περιοχές της Αττικής, όπου δεν συσσωρεύεται το νερό, είναι χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ, αντίθετα, οι περιοχές, όπου το νερό συσσωρεύεται, είναι μεγαλύτερης πλημμυρικής επικινδυνότητας. Παρατίθεται και η Εικόνα 31, η οποία προέκυψε μετά από μεγέθυνση του χάρτη της Εικόνας 30 στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής και της περιοχής του Ασπροπύργου. Φαίνεται πως κατά μήκος των ποταμών Κηφισού και Αγίου Γεωργίου υπάρχουν διακυμάνσεις στην πλημμυρική επικινδυνότητα, η οποία και στις δύο περιπτώσεις, ξεκινάει ως χαμηλή, στην αρχή των ποταμών, και καταλήγει υψηλή, στην περίπτωση του Αγίου Γεωργίου, και πολύ υψηλή, στην περίπτωση του Κηφισού.



Εικόνα 30: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τη συγκεντρωτική ροή

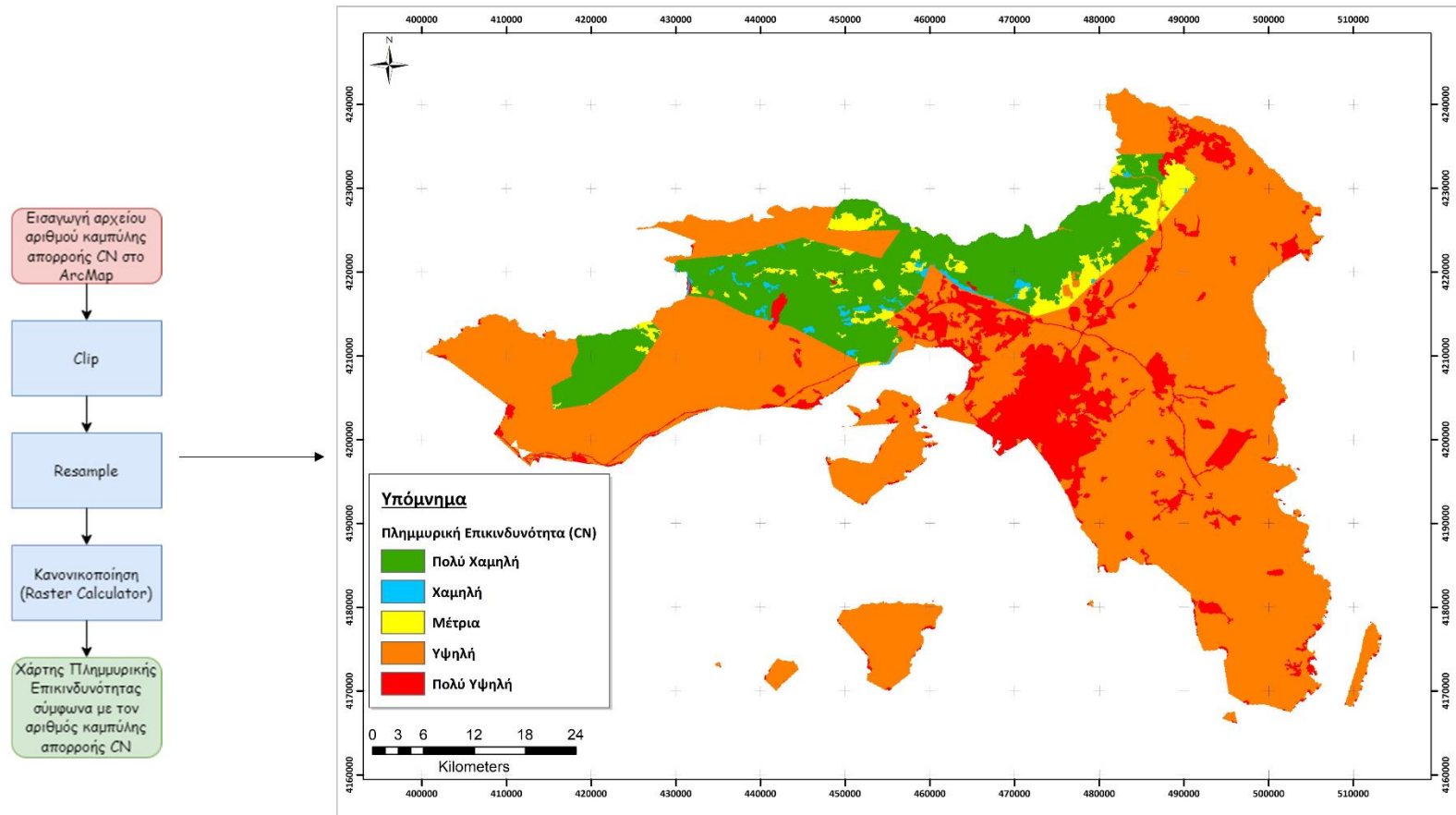


Εικόνα 31: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τη συγκεντρωτική ροή

#### **4.4 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με τον Αριθμό Καμπύλης Απορροής CN**

Στην Εικόνα 32 παρουσιάζεται ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN, για μέσες συνθήκες. Παρατηρώντας τον χάρτη, φαίνεται ότι στις περιοχές με μικρό αριθμό απωλειών, το οποίο συνεπάγεται μεγάλο CN, η επικινδυνότητα πλημμύρας είναι μεγαλύτερη, ενώ στις περιοχές με μεγάλο αριθμό απωλειών, το οποίο συνεπάγεται μικρό CN η επικινδυνότητα είναι μικρότερη. Οι ορεινές περιοχές της Αττικής παρουσιάζουν χαμηλότερη πλημμυρική επικινδυνότητα, σύμφωνα με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN, αφού το μεγάλο υψόμετρο και η έντονη εδαφική κλίση συνεπάγεται αύξηση των απωλειών της βροχής, άρα μικρότερη τιμή του CN. Αντίθετα, στις πεδινές περιοχές ή στις περιοχές όπου κυριαρχεί ο συνεχής αστικός ιστός ή οι καμένες και βραχώδεις εκτάσεις, οι απώλειες της βροχής είναι μικρότερες, το οποίο συνεπάγεται μεγαλύτερη τιμή του CN.

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 32: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τον αριθμό καμπύλης απορροής CN

#### 4.5 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με την Ένταση Βροχόπτωσης

##### 4.5.1 Ένταση Βροχόπτωσης σύμφωνα με τον Modified Fournier Index (MFI)

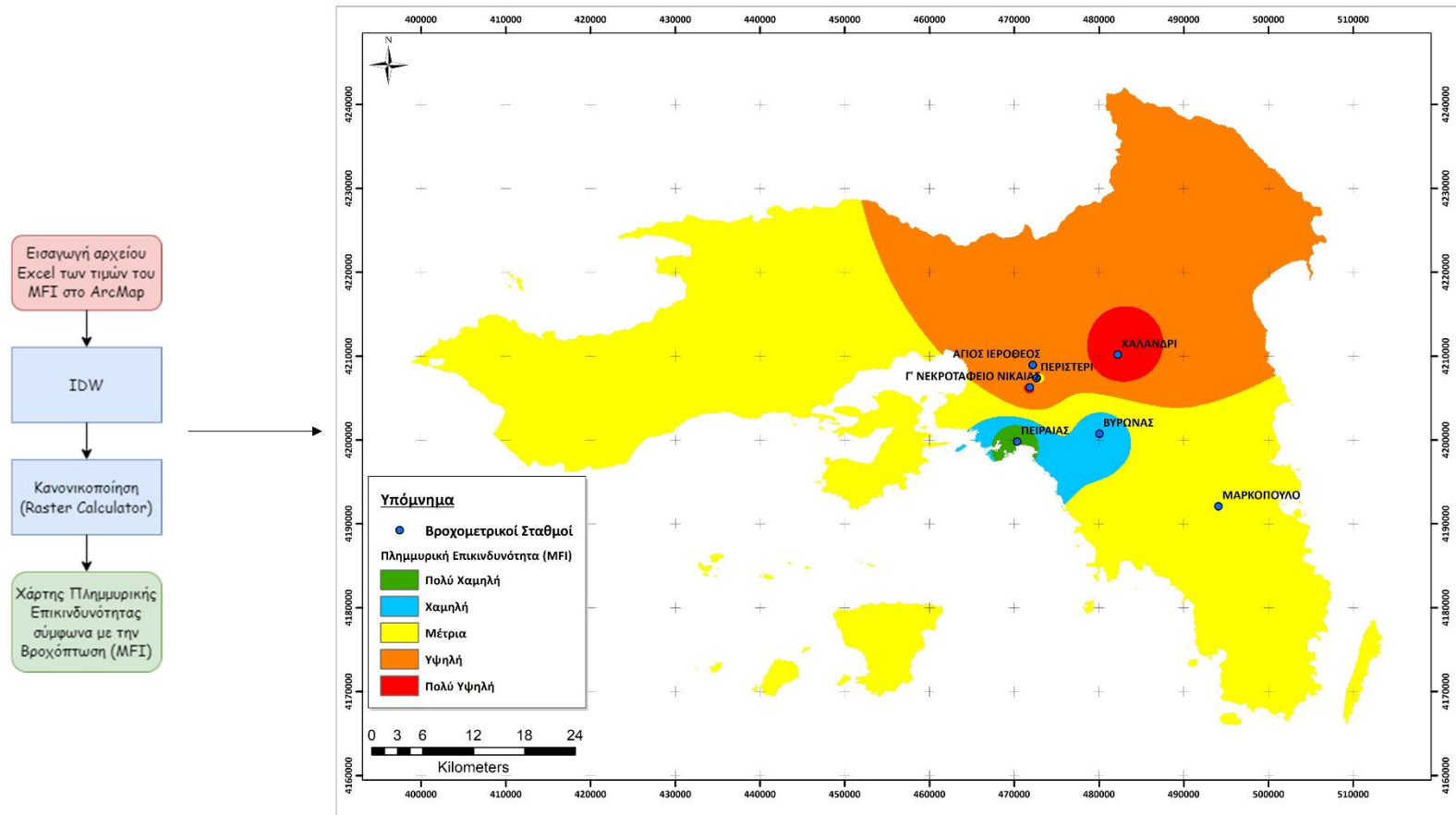
Για την κατάρτισή του χάρτη της Εικόνας 33, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από 7 βροχομετρικούς σταθμούς (Άγιος Ιερόθεος, Περιστέρι, Πειραιάς, Βύρωνας, Μαρκόπουλο, Χαλάνδρι, Γ' Νεκροταφείο Νίκαιας), καθώς και ο δείκτης Modified Fournier Index (MFI, Πίνακας 21), για κάθε σταθμό για τα κοινά έτη (1999 – 2000), όπου υπάρχουν καταγεγραμμένα δεδομένα.

Έτσι, προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης σύμφωνα με τον δείκτη MFI. Στο μεγαλύτερο μέρος της Αττικής, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι μέτρια, ενώ στο Περιστέρι, στον Άγιο Ιερόθεο και στη Νίκαια η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι υψηλή, στο Χαλάνδρι είναι πολύ υψηλή, στο Μαρκόπουλο μέτρια, στο Βύρωνα χαμηλή και στον Πειραιά πολύ χαμηλή. Ιδιαίτερη περίπτωση αποτελεί η ευρύτερη περιοχή του Πειραιά, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι χαμηλή, αν και οι τιμές του δείκτη MFI δε διαφέρουν πολύ από τους άλλους (Πίνακας 21). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο βροχομετρικός σταθμός του Πειραιά βρίσκεται εγκατεστημένος σε πολύ χαμηλό υψόμετρο (2 μέτρα).

Πίνακας 21: Τιμές του δείκτη MFI

Βροχομετρικός Σταθμός	MFI
ΑΓΙΟΣ ΙΕΡΟΘΕΟΣ	29.60
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	27.80
Γ' ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ ΝΙΚΑΙΑΣ	30.00
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	24.30
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	27.80
ΒΥΡΩΝΑΣ	26.10
ΧΑΛΑΝΔΡΙ	31.00

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 33: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης (MFI)



#### 4.5.2 Ένταση Βροχόπτωσης σύμφωνα με τις Όμβριες Καμπύλες

Για την κατάρτισή των Εικόνων 34, 35, 36, 37 και 38 χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από 23 βροχομετρικούς σταθμούς, και πιο συγκεκριμένα από τους σταθμούς: Ελευσίνα, Μάνδρα, Ψυττάλεια, Νέα Φιλαδέλφεια, Άνω Λιόσια, Γ' Νεκροταφείο Νίκαιας, Περιστερί, Λόφος Νυμφών, Μενίδι, Ελληνικό, Τατόι, Γαλάτσι, Ηλιούπολη, Βύρωνα, Ζωγράφου, Χαλάνδρι, Πεντέλη, Άγιος Νικόλαος, Πεντέλη Δ.Β., Πικέρμι, Μαρκόπουλο, Πειραιάς, Άγιος Ιερόθεος, καθώς και οι όμβριες καμπύλες για περιόδους επαναφοράς  $T = 25, 50, 100, 500, 1000$  και διάρκεια βροχόπτωσης  $t = 6$  h (Πίνακας 22).

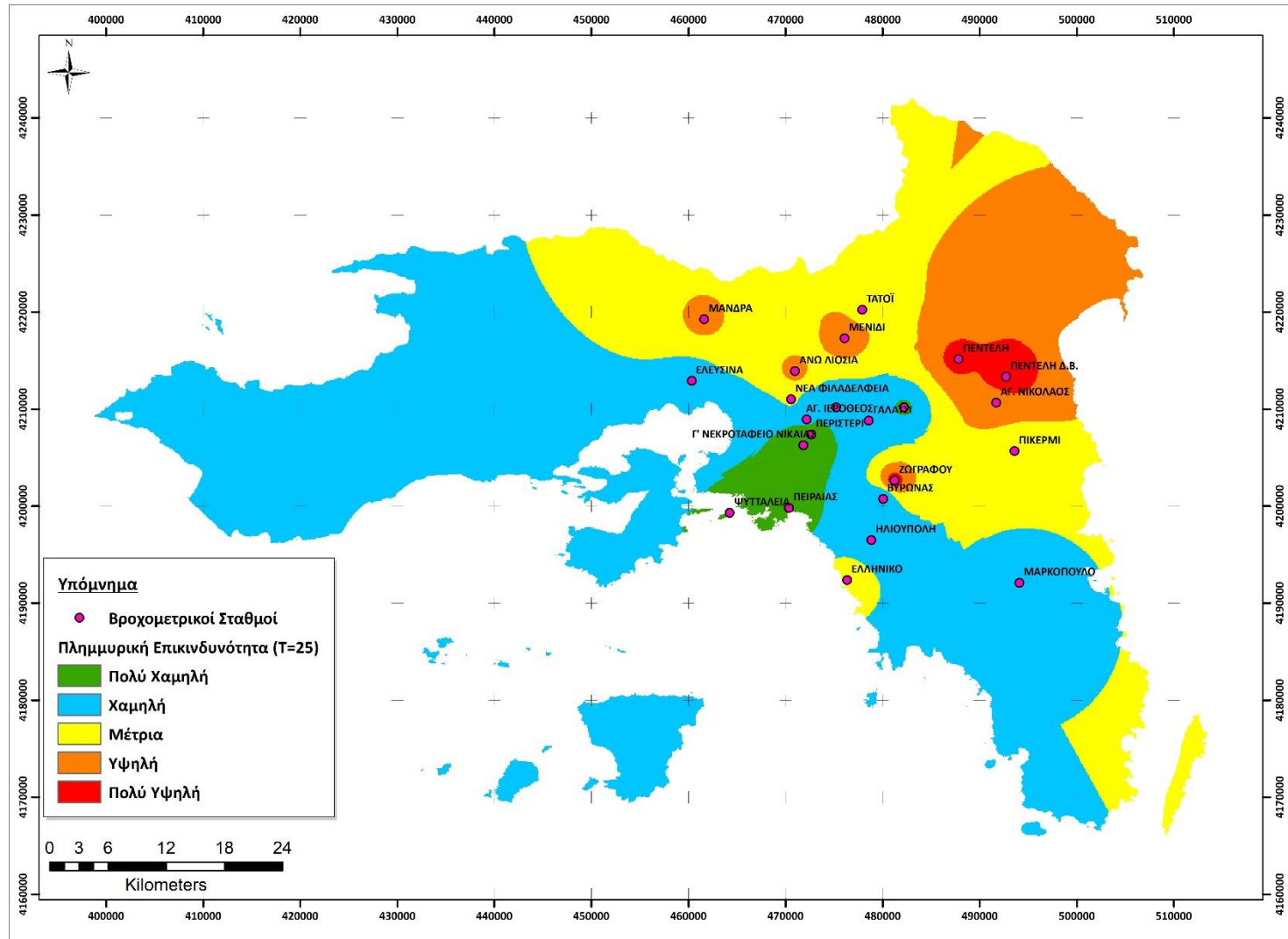
Πίνακας 22: Τιμές των όμβριων καμπύλων για διάφορες περιόδους επαναφοράς και διάρκεια βροχόπτωσης 6 h

<b>Βροχομετρικός Σταθμός</b>	<b>T = 25</b>	<b>T = 50</b>	<b>T = 100</b>	<b>T = 500</b>	<b>T = 1000</b>
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	12.07	14.15	16.40	22.42	25.40
ΜΑΝΔΡΑ	16.05	18.64	21.44	28.93	32.65
ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ	10.36	12.30	14.40	20.02	22.81
ΝΕΑ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	13.34	15.71	18.28	25.14	28.54
ΑΝΩ ΛΙΟΣΙΑ	16.53	19.32	22.33	30.40	34.41
Γ' ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ ΝΙΚΑΙΑΣ	8.42	9.64	10.97	14.52	16.28
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	8.80	10.31	11.95	16.34	18.51
ΛΟΦΟΣ ΝΥΜΦΩΝ	11.44	13.41	15.55	21.28	24.12
ΜΕΝΙΔΙ	17.54	20.39	23.41	31.25	35.01
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	14.51	17.14	19.99	27.60	31.38
ΤΑΤΟΪ	14.65	17.11	19.73	26.52	29.77
ΓΑΛΑΤΣΙ	11.60	13.33	15.20	20.20	22.68
ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	11.95	13.99	16.12	21.44	23.93
ΒΥΡΩΝΑΣ	10.55	12.13	13.77	17.88	19.80
ΖΩΓΡΑΦΟΥ	18.69	21.92	25.43	34.79	39.44
ΧΑΛΑΝΔΡΙ	10.34	11.98	13.77	18.53	20.89
ΠΕΝΤΕΛΗ	18.42	21.61	25.01	33.79	38.02
ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	16.08	18.64	21.35	28.38	31.75
ΠΕΝΤΕΛΗ Δ.Β.	19.93	23.00	26.26	34.70	38.76

<b>Βροχομετρικός Σταθμός</b>	<b>T = 25</b>	<b>T = 50</b>	<b>T = 100</b>	<b>T = 500</b>	<b>T = 1000</b>
ΠΙΚΕΡΜΙ	13.29	15.30	17.43	22.96	25.61
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	10.88	12.42	14.02	18.04	19.92
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	8.39	9.59	10.89	14.37	16.10
ΑΓΙΟΣ ΙΕΡΟΘΕΟΣ	11.30	13.01	14.86	19.80	22.25

Στην Εικόνα 34 φαίνεται ότι στα βόρεια του λεκανοπεδίου και στα βορειοανατολικά του υδατικού διαμερίσματος, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι υψηλότερη, ενώ εντός του λεκανοπεδίου, στα νησιά του Σαρωνικού, στα Μεσόγεια και εκατέρωθεν της οροσειράς των Γερανείων, όπου τα χιλιστά της βροχής είναι λιγότερα, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι και χαμηλότερη. Η ειδοποιός διαφορά, σε σχέση με την χρήση του δείκτη MFI, για την κατάρτιση του χάρτη πλημμυρική επικινδυνότητας με βάση τη βροχόπτωση, αφορά τον αριθμό των σταθμών, που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της κατάρτισης των χαρτών. Προφανώς, όσο περισσότεροι είναι οι σταθμοί, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια θα παρέχει ο παραγόμενος θεματικός χάρτης. Για την ευρύτερη περιοχή του Πειραιά, το γεγονός ότι η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι πολύ χαμηλή οφείλεται στο γεγονός ότι το υψόμετρο, στο οποίο βρίσκεται ο βροχομετρικός σταθμός, είναι πολύ χαμηλό (2 μέτρα). Στην Πάρνηθα, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι μέτρια, διότι ο σταθμός του Τατοΐου βρίσκεται στο πιο χαμηλό υψόμετρο από όλους τους βροχομετρικούς σταθμούς (0 μέτρα). Στην Μάνδρα, στο Μενίδι, στα Άνω Λιόσια και στου Ζωγράφου φαίνεται ότι ο κίνδυνος πλημμύρας είναι υψηλός, ενώ στην ευρύτερη περιοχή της Πεντέλης είναι πολύ υψηλή η πιθανότητα πλημμύρας.

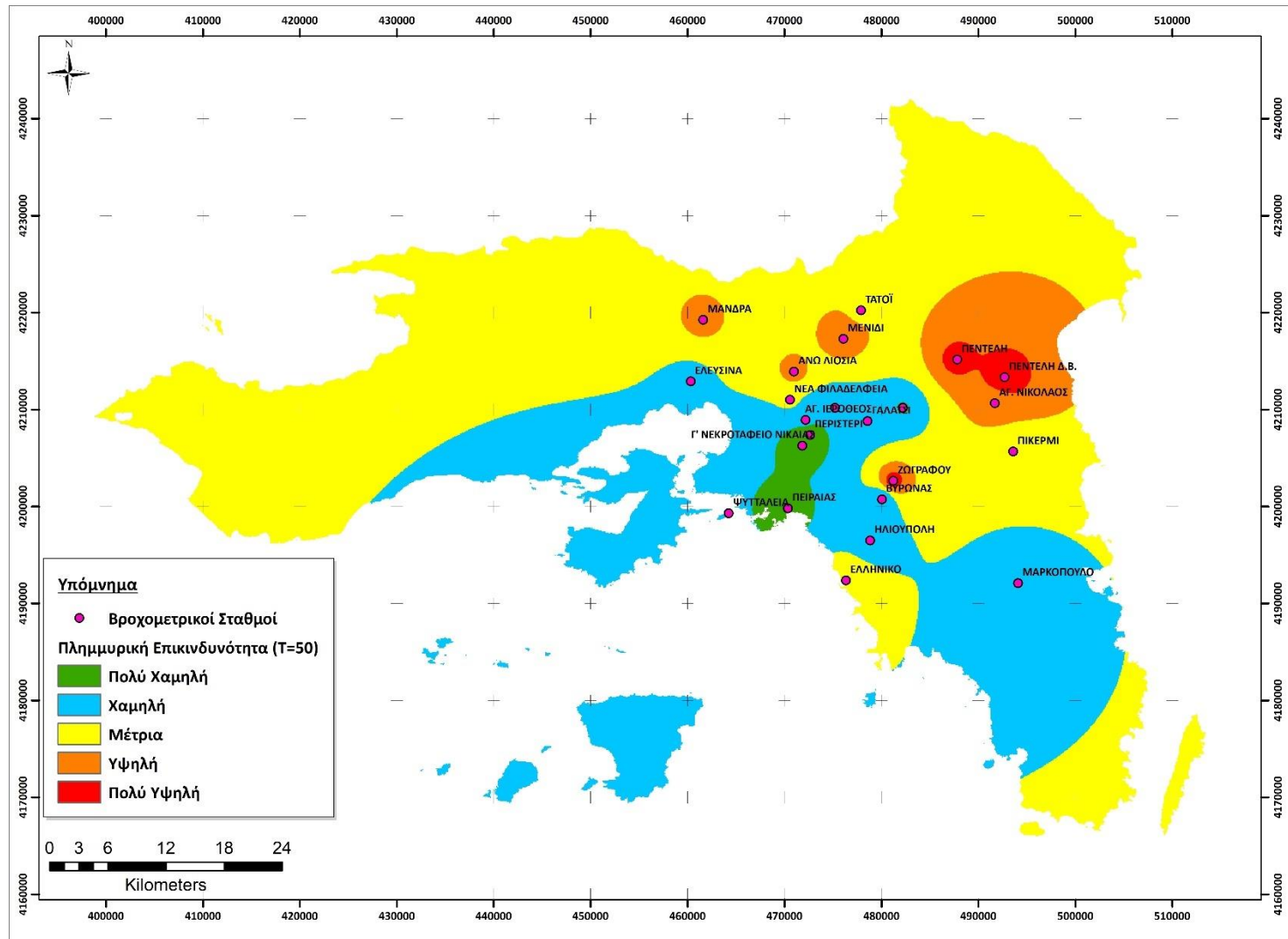
## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 34: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 25 ετών

Αντίστοιχα, προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης, αλλά με τη χρήση των τιμών των όμβριων καμπύλων, για περίοδο επαναφοράς 50 ετών (Εικόνα 35). Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το μεγαλύτερο μέρος της Αττικής χαρακτηρίζεται από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα. Στην παραλιακή ζώνη του λεκανοπεδίου, έχει μεγαλώσει η έκταση της περιοχής, όπου ο κίνδυνος πλημμύρας είναι μέτριος, ενώ στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα του Φαλήρου και στον Πειραιά, η πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα είναι χαμηλή. Τα νησιά του Σαρωνικού και τα Μεσόγεια παρουσιάζουν ίδια πλημμυρική επικινδυνότητα με την περίπτωση της περιόδου επαναφοράς 25 ετών. Επίσης, φαίνεται ότι στην Μάνδρα, στο Μενίδι, στα Άνω Λιόσια και στους Ζωγράφου η πλημμυρική επικινδυνότητα παραμένει υψηλή, όπως και στην ευρύτερη περιοχή της Πεντέλης, αλλά εκεί οι περισσότερες απομακρυσμένες εκτάσεις της περιοχής στα βορειοανατολικά του Νομού, οι οποίες χαρακτηρίζονταν από υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, για περίοδο επαναφοράς 25 ετών, χαρακτηρίζονται, για περίοδο επαναφοράς 50 ετών, από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα (Εικόνα 35).

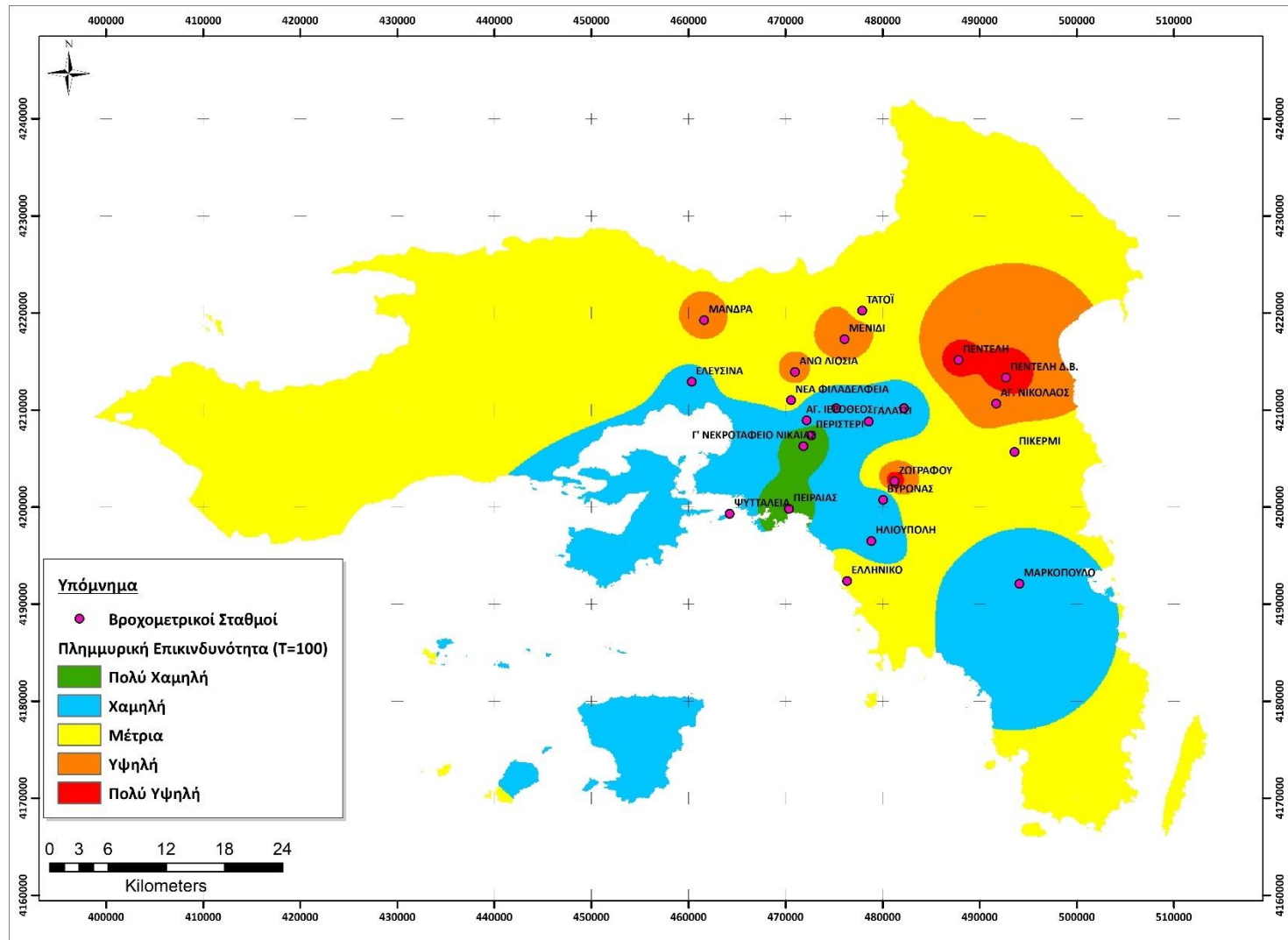
## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 35: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 50 ετών

Όμοια, προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης, αλλά με τη χρήση των τιμών των όμβριων καμπύλων, για περίοδο επαναφοράς 100 ετών (Εικόνα 36). Οι διαφοροποιήσεις, σε σχέση με τον χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για περίοδο επαναφοράς 50 ετών, αφορούν, κυρίως, μερικά νησιά του Σαρωνικού, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα από χαμηλή είναι, πλέον, μέτρια, καθώς και την περιοχή νοτιοδυτικά της Ελευσίνας και την παραλιακή ζώνη του Σαρωνικού, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα από χαμηλή είναι, πλέον, μέτρια στο μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής. Επιπλέον, φαίνεται ότι στον Υμηττό και στους πρόποδες του η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι μέτρια, από χαμηλή που ήταν στον αντίστοιχο χάρτη για περίοδο επαναφοράς 50 ετών, όπως και στην περιοχή των Μεσογείων, όπου είναι αισθητή η αλλαγή στον κίνδυνο πλημμύρας περιμετρικά του βροχομετρικού σταθμού στο Μαρκόπουλο, αφού, πλέον, είναι μεγαλύτερη η έκταση στην οποία η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι μέτρια. Η περιοχή του Φαλήρου και του Πειραιά παρουσιάζουν, επίσης, μια μικρή διαφοροποίηση, ειδικά σε ό,τι αφορά το κομμάτι του λιμανιού, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα, από πολύ χαμηλή, είναι, πλέον, χαμηλή (Εικόνα 36).

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής

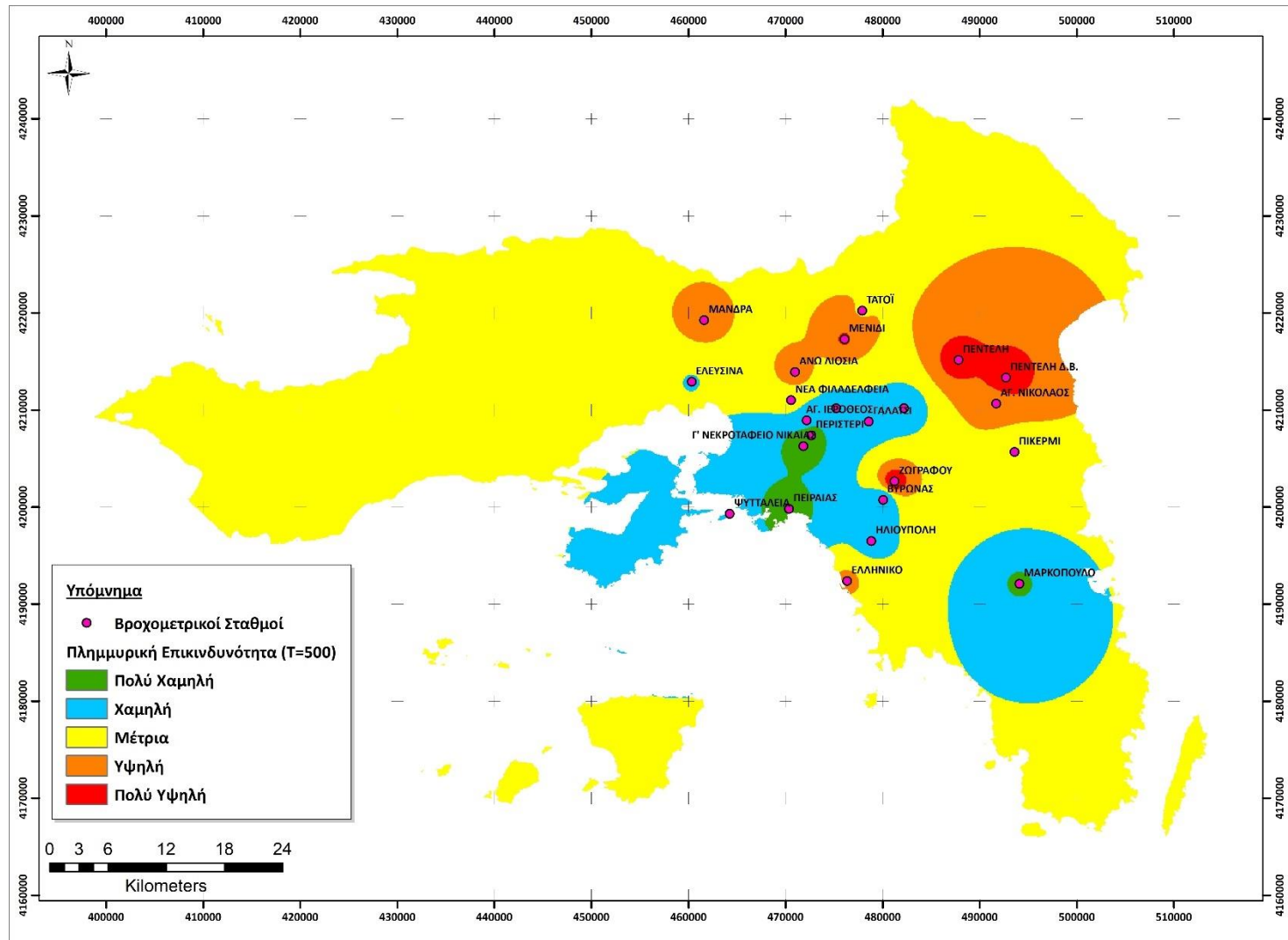


Εικόνα 36: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 100 ετών

Όμοια, προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης, αλλά με τη χρήση των τιμών των όμβριων καμπύλων, για περίοδο επαναφοράς 500 ετών (Εικόνα 37). Το μεγαλύτερο κομμάτι της Αττικής και τα νησιά του Σαρωνικού, εκτός από την Σαλαμίνα και την Ελευσίνα, οι οποίες χαρακτηρίζονται από χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, χαρακτηρίζονται από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα. Στην περιοχή του Μαρκόπουλου, η πλημμυρική επικινδυνότητα παραμένει στα ίδια επίπεδα με τις προηγούμενες περιόδους επαναφοράς, δηλαδή στο επίπεδο της χαμηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ στο Μενίδι, στην Μάνδρα, στα Άνω Λιόσια και στου Ζωγράφου είναι υψηλή, με την περιοχή ανάμεσα στα Άνω Λιόσια και στο Μενίδι να παρουσιάζει αυξημένο κίνδυνο πλημμύρας ο οποίος, από μέτριος, για τις περιόδους επαναφοράς 25, 50 και 100 ετών, είναι, πλέον, υψηλός. Επιπρόσθετα, η ευρύτερη περιοχή της Πεντέλης χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, όμοια με τους αντίστοιχους χάρτες για τις προηγούμενες περιόδους επαναφοράς, ενώ στο λεκανοπέδιο η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι από πολύ χαμηλή έως και χαμηλή και στο Ελληνικό η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι υψηλή (Εικόνα 37).



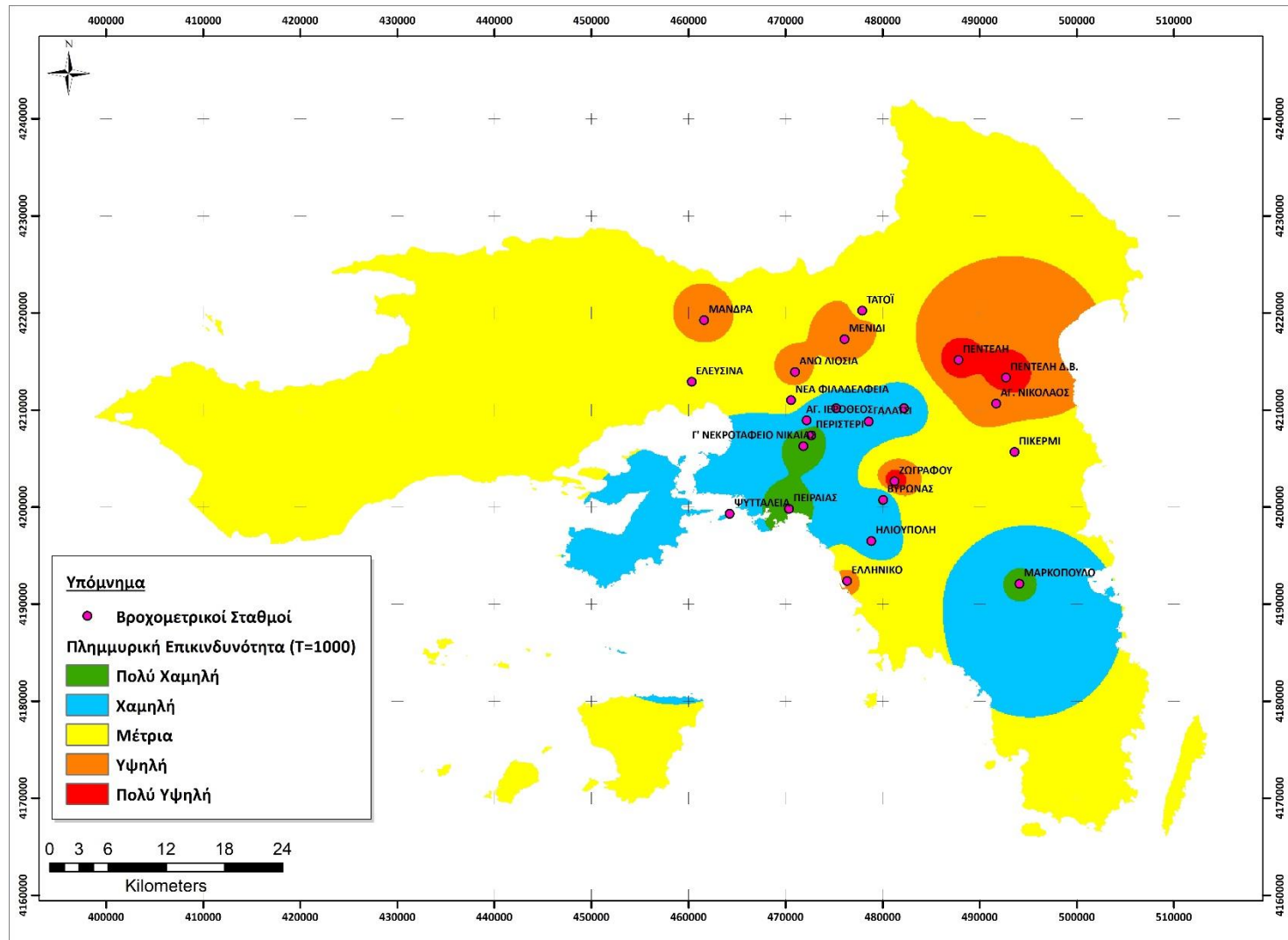
## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 37: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 500 ετών

Αντίστοιχα, προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης, αλλά με τη χρήση των τιμών των όμβριων καμπύλων, για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών (Εικόνα 38). Οι διαφοροποιήσεις του συγκεκριμένου χάρτη, σε σχέση με την περίοδο επαναφοράς των 500 ετών, έχουν να κάνουν με μια μικρή έκταση στη βόρεια παραλιακή ζώνη της Αίγινας, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι χαμηλή, όπως και στην Ελευσίνα, όπου η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι, πλέον, μέτρια, από χαμηλή που ήταν στο χάρτη για περίοδο επαναφοράς 500 ετών.

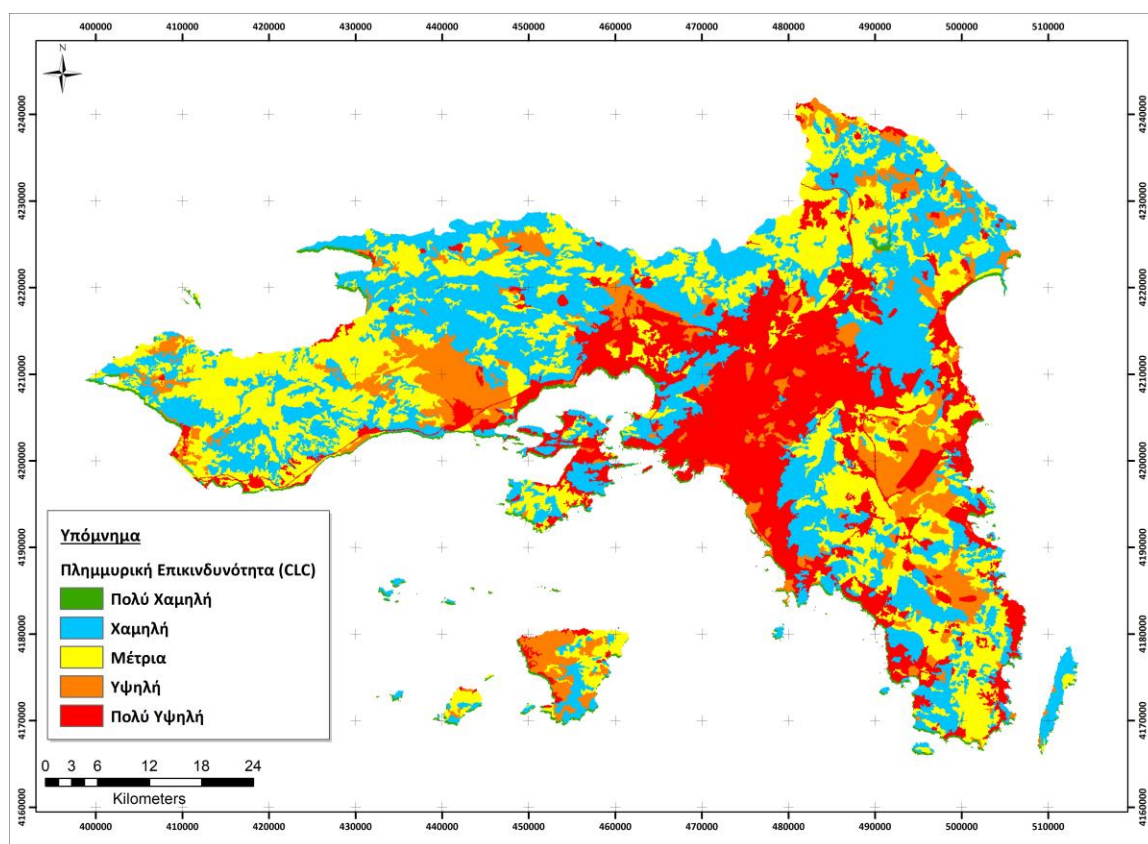
## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 38: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με την ένταση της βροχόπτωσης για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών

#### 4.6 Χάρτης Πλημμυρικής Επικινδυνότητας σύμφωνα με τις Χρήσεις Γης

Στην Εικόνα 39, φαίνεται ότι στις αστικές και στις βιομηχανικές περιοχές, η επικινδυνότητα πλημμύρας είναι πολύ υψηλή, ενώ οι εκτάσεις με δάση και οι αγροτικές περιοχές παρουσιάζουν πολύ χαμηλές και χαμηλές, αντίστοιχα, επικινδυνότητες. Επιπλέον, οι περιοχές με χαμηλή και αραιή βλάστηση, οι καμένες εκτάσεις, αλλά και οι βραχώδεις εκτάσεις, τείνουν να έχουν υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα (Εικόνα 39).



Εικόνα 39: Διαδικασία κατάρτισης και Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας σύμφωνα με τις χρήσεις γης

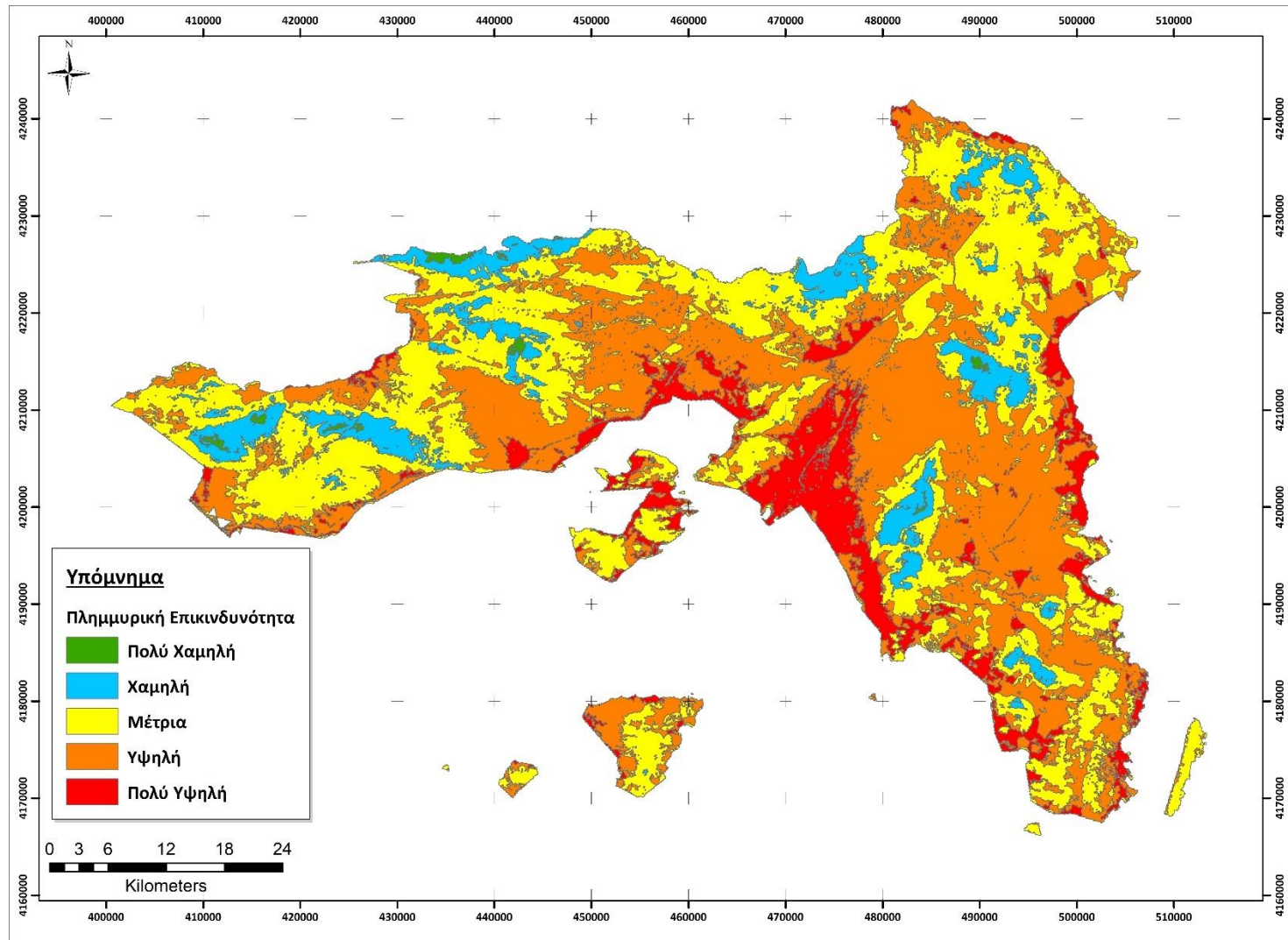
## 4.7 Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής

### 4.7.1 Με χρήση του Modified Fournier Index

Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται ο χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής, με βάση το δείκτη MFI. Παρατηρώντας κανείς την Εικόνα 40, διαπιστώνεται ότι οι περιοχές του υδατικού διαμερίσματος της Αττικής, οι οποίες κινδυνεύουν περισσότερο, βρίσκονται στο λεκανοπέδιο και, γενικότερα, στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, ενώ οι ορεινοί όγκοι και οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, φαίνεται να κινδυνεύουν λιγότερο. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 40, οι ορεινοί όγκοι της Αττικής (Υμηττός, Πάρνηθα, Πεντέλη, Γεράνεια, Πατέρας) χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή έως χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ οι πρόποδες τους χαρακτηρίζονται από μέτρια. Τα νησιά του Σαρωνικού χαρακτηρίζονται από μέτρια, υψηλή και, ειδικά, στη Σαλαμίνα, από πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Το λεκανοπέδιο, η Ελευσίνα και τα παράλια του Σαρωνικού χαρακτηρίζονται από υψηλή έως και πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα, ενώ ο βορειοανατολικός τομέας των Αθηνών και τα Μεσόγεια είναι, σχεδόν, καθολικά επιρρεπείς σε υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, εκτός από τις περιοχές μεταξύ Βάρης και Αναβύσσου, όπου ο κίνδυνος πλημμύρας είναι πολύ υψηλός. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 23, η πολύ χαμηλή πλημμυρική επικινδυνότητα ισχύει για το 0.5 % της συνολικής έκτασης της Αττικής, η χαμηλή ισχύει για το 8.7 %, η μέτρια για το 39 %, η υψηλή για το 41 % και η πολύ υψηλή για το 10.8 %. Όπως είναι προφανές, παραπάνω από τη μισή έκταση της Αττικής (51.8 %) αποτελεί ζώνη δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας.

Πίνακας 23: Εκτάσεις ανά κλάση πλημμυρικής επικινδυνότητας

Κλάσεις Πλημμυρικής Επικινδυνότητας	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> )
Πολύ Χαμηλή	13.17
Χαμηλή	264.61
Μέτρια	1,186.29
Υψηλή	1,243.4
Πολύ Υψηλή	328.39



Εικόνα 40: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής (MFI)

#### 4.7.2 Με χρήση των Όμβριων Καμπυλών

Στις Εικόνες 41, 42, 43, 44, 45 παρουσιάζονται οι χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής, με βάση τις όμβριες καμπύλες.

Στην Εικόνα 41, παρατηρείται ότι στους ορεινούς όγκους του υδατικού διαμερίσματος της Αττικής (Γεράνεια, Πατέρας, Πεντέλη, Πάρνηθα, Υμηττός), δηλαδή σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο ή μεγαλύτερες εδαφικές κλίσεις, ή σε εκτάσεις που καλύπτονται, κατά βάση, με δάσος ή αγροτικές καλλιέργειες, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι πολύ χαμηλή έως χαμηλή. Αντίθετα, στις πεδινές περιοχές με χαμηλό υψόμετρο ή μικρές εδαφικές κλίσεις, ή εντός του αστικού ιστού, σε περιοχές με αραιή βλάστηση και σε καμένες ή βραχώδεις εκτάσεις, ο κίνδυνος πλημμύρας είναι υψηλός έως πολύ υψηλός, όπως είναι, για παράδειγμα, το λεκανοπέδιο της Αττικής, στην Ελευσίνα και στην παραλιακή ζώνη του Σαρωνικού, στη Σαλαμίνα, κατά τόπους, καθώς και στην περιοχή των Άνω Λιοσίων και του Μενιδίου. Οι πρόποδες των ορεινών όγκων, καθώς και το βορειοανατολικό κομμάτι της Αττικής, χαρακτηρίζονται από μέτρια πλημμυρική επικινδυνότητα. Μέτριος είναι ο κίνδυνος πλημμύρας και στην ευρύτερη περιοχή της Κερατέας, ενώ εκατέρωθεν του Εθνικού Δρυμού του Σουνίου η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι μέτρια, υψηλή ή και πολύ υψηλή. Στο βορειοανατολικό τομέα των Αθηνών, καθώς και ανατολικά του Υμηττού, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι υψηλή. Διαπιστώθηκε πως η πληροφορία που εμπεριέχεται στον χάρτη, για περίοδο επαναφοράς 50 ετών, της Εικόνας 42 είναι, ουσιαστικά, η ίδια με τον χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για περίοδο επαναφοράς 25 ετών. Στους ορεινούς όγκους, στις δασικές και στις αγροτικές εκτάσεις, ο κίνδυνος πλημμύρας είναι χαμηλός, ενώ στις πεδινές περιοχές, στις αστικές ζώνες, καμένες εκτάσεις ή και βραχώδεις εκτάσεις, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι, γενικά, υψηλή. Με πολύ μικρές διαφορές από τους χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας, για τις περιόδους επαναφοράς 25 και 50 ετών, κυρίως στην ευρύτερη περιοχή των Μεσογείων, όπου κάποιες περιοχές από μέτριο κίνδυνο πλημμύρας παρουσιάζουν υψηλό, η περιεχόμενη πληροφορία είναι, σχεδόν, η ίδια στον χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας για περίοδο επαναφοράς 100 ετών (Εικόνα 43). Στο χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, για περίοδο επαναφοράς 500 ετών, οι διαφορές

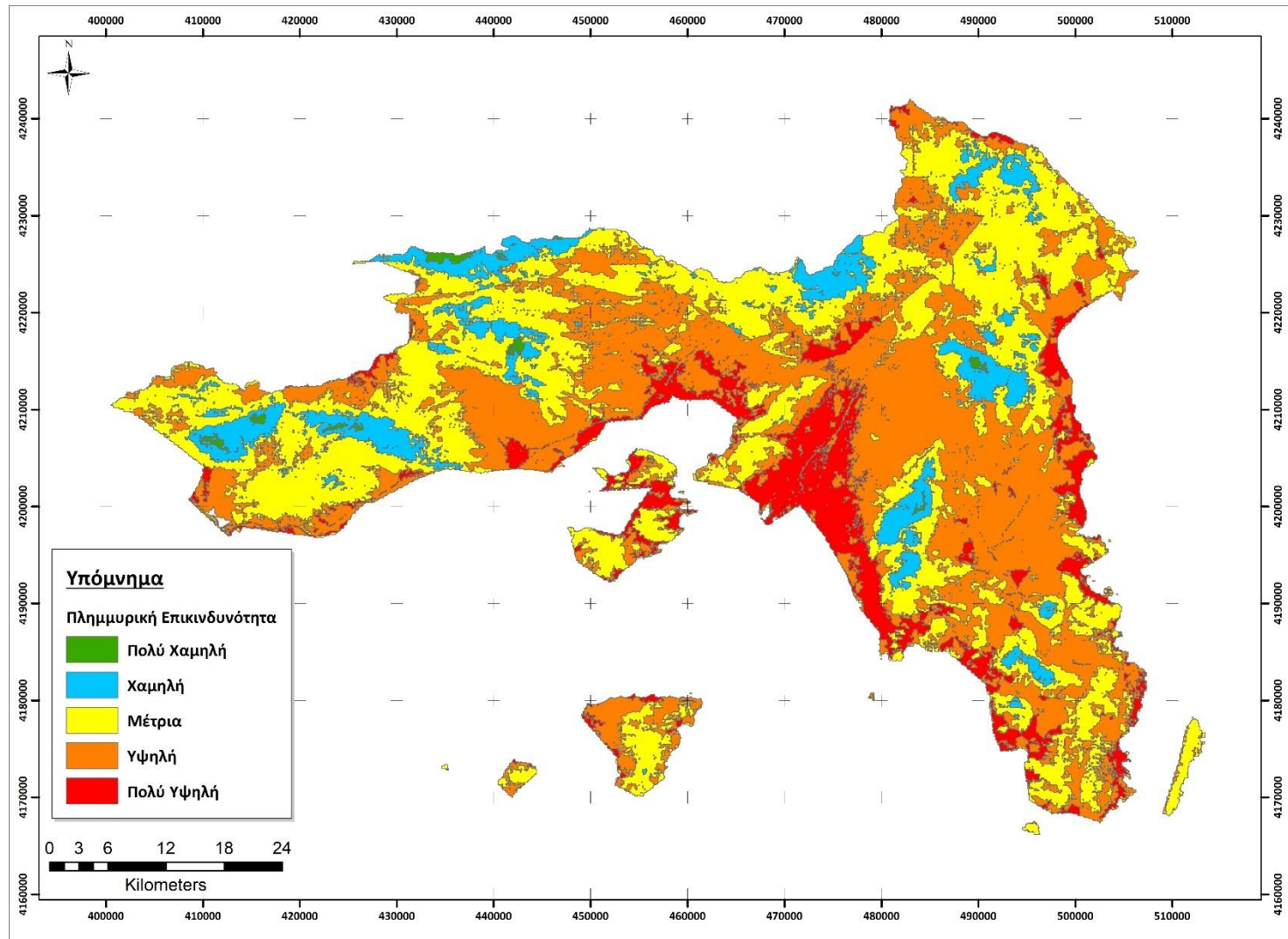
με της προηγούμενους χάρτες εντοπίζονται, κυρίως, στα νησιά του Σαρωνικού, όπου από πολύ χαμηλές και χαμηλές επικινδυνότητες, απεικονίζονται, πλέον, με μέτριες και υψηλές. Επιπλέον, της πρόποδες των ορεινών όγκων της Αττικής, της, για παράδειγμα, της πρόποδες της Πάρνηθας και του Πατέρα, ο πλημμυρικός κίνδυνος απεικονίζεται ως χαμηλός ή και, κατά τόπους, μέτριος (Εικόνα 44). Οι διαφορές εδώ εντοπίζονται, κατά βάση, στο κομμάτι της ευρύτερης περιοχής των Μεγάρων, όπου ο πλημμυρικός κίνδυνος είναι υψηλός. Της, στο χάρτη πλημμυρικής επικινδυνότητας, για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών, σε κάποιες τοπικές παραλιακές ζώνες, της σε εκείνες του Σαρωνικού Κόλπου, η πλημμυρική επικινδυνότητα είναι από υψηλή έως πολύ υψηλή, ενώ οι πρόποδες των Γερανείων παρουσιάζουν της μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις, αφού ο κίνδυνος πλημμύρας είναι μέτριος. Μικρές διαφορές παρουσιάζονται στην περιοχή των Μεσογείων, όπου ο κίνδυνος πλημμύρας είναι, κυρίως, μέτριος, καθώς και περιμετρικά του Υμηττού, όπου είναι υψηλός ή και πολύ υψηλός (Εικόνα 45). Στον Πίνακα 24 φαίνεται ότι οι εκτάσεις ανά κατηγορία, για της διάφορες περιόδους επαναφοράς, είναι παραπλήσιες. Η περίοδος επαναφοράς των 25 ετών με εκείνη των 50 ετών έχουν ίδια έκταση περιοχών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας, ενώ οι περίοδοι επαναφοράς των 100, των 500 και των 1000 ετών έχουν, με τη σειρά τους, την ίδια έκταση περιοχών δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας.

Πίνακας 24: Εκτάσεις ανά άση πλημμυρικής επικινδυνότητας για διάφορες περιόδους επαναφοράς

Κλάσεις Πλημμυρικής Επικινδυνότητας	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> ) (T = 25)	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> ) (T = 50)	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> ) (T = 100)	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> ) (T = 500)	Εκτάσεις ανά κλάση (km <sup>2</sup> ) (T = 1000)
Πολύ Χαμηλή	13.34	13.17	13.17	13.34	13.34
Χαμηλή	264.16	264.61	264.61	264.16	264.16
Μέτρια	1,183.16	1,186.29	1,186.29	1,185.07	1,185.07
Υψηλή	1,243.32	1,243.4	1,243.4	1,243.32	1,243.32
Πολύ Υψηλή	328.46	328.38	329.68	329.76	329.76

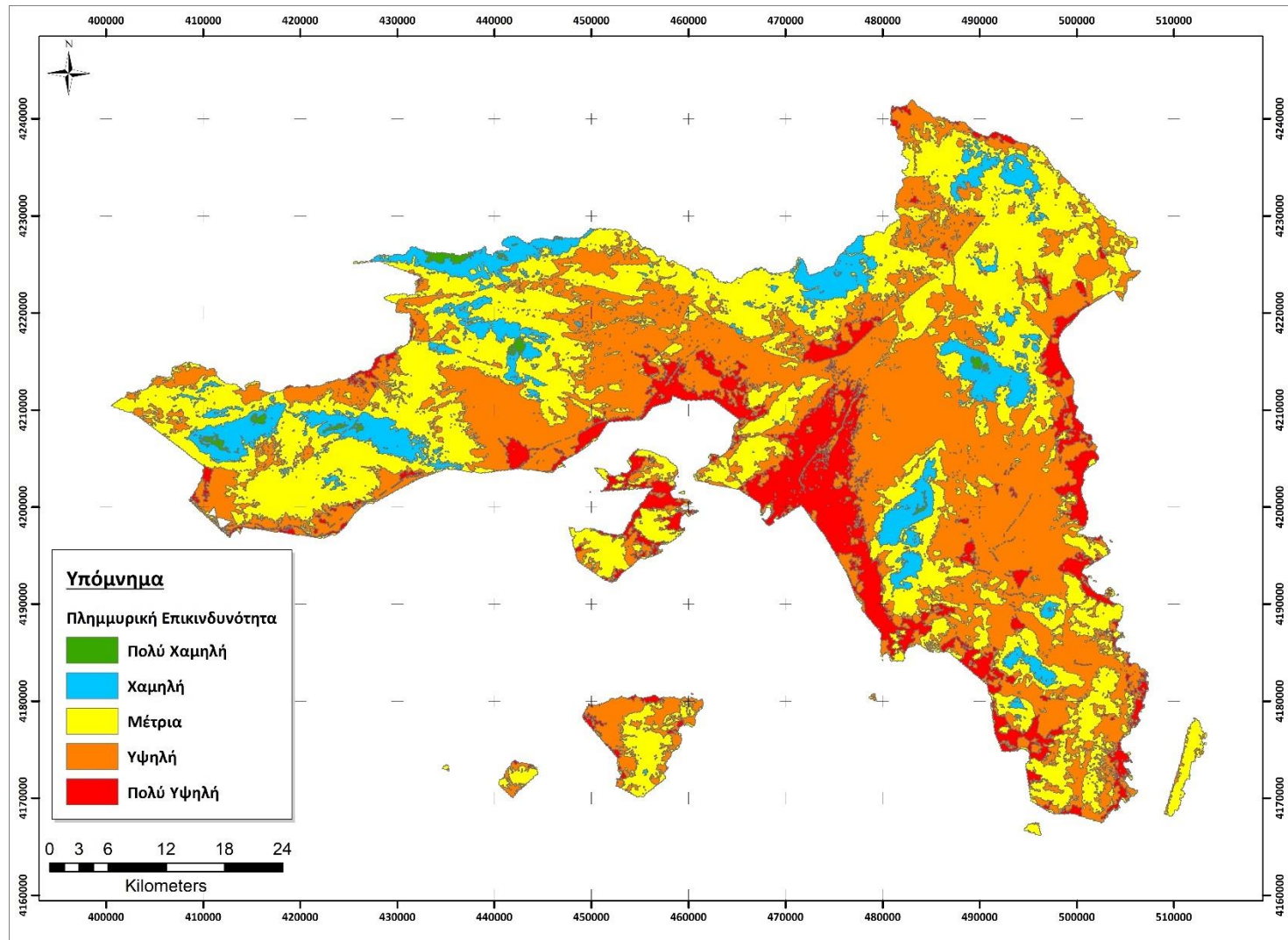


# Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



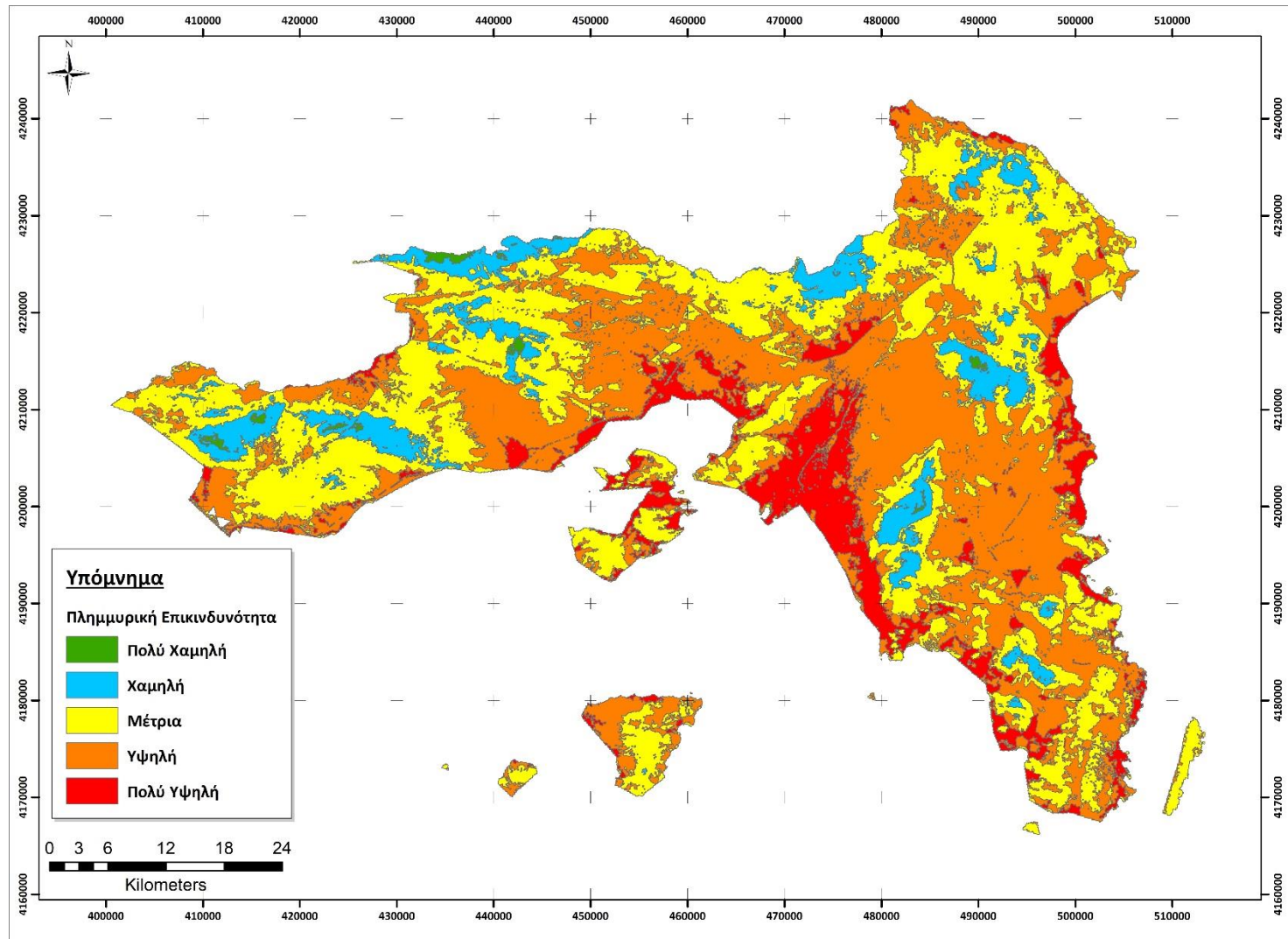
Εικόνα 41: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 25 ετών

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 42: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 50 ετών

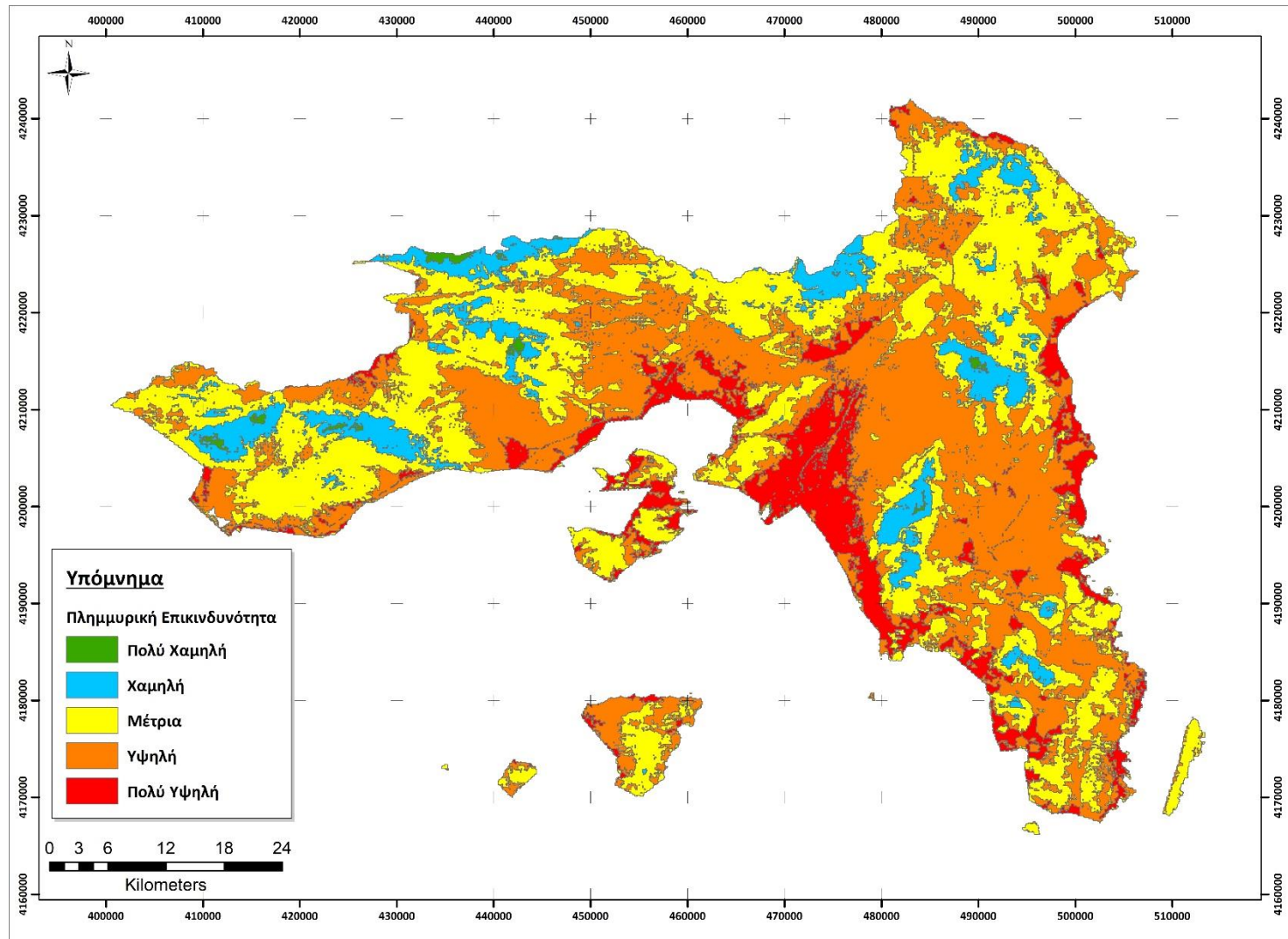
# Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 43: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 100 ετών

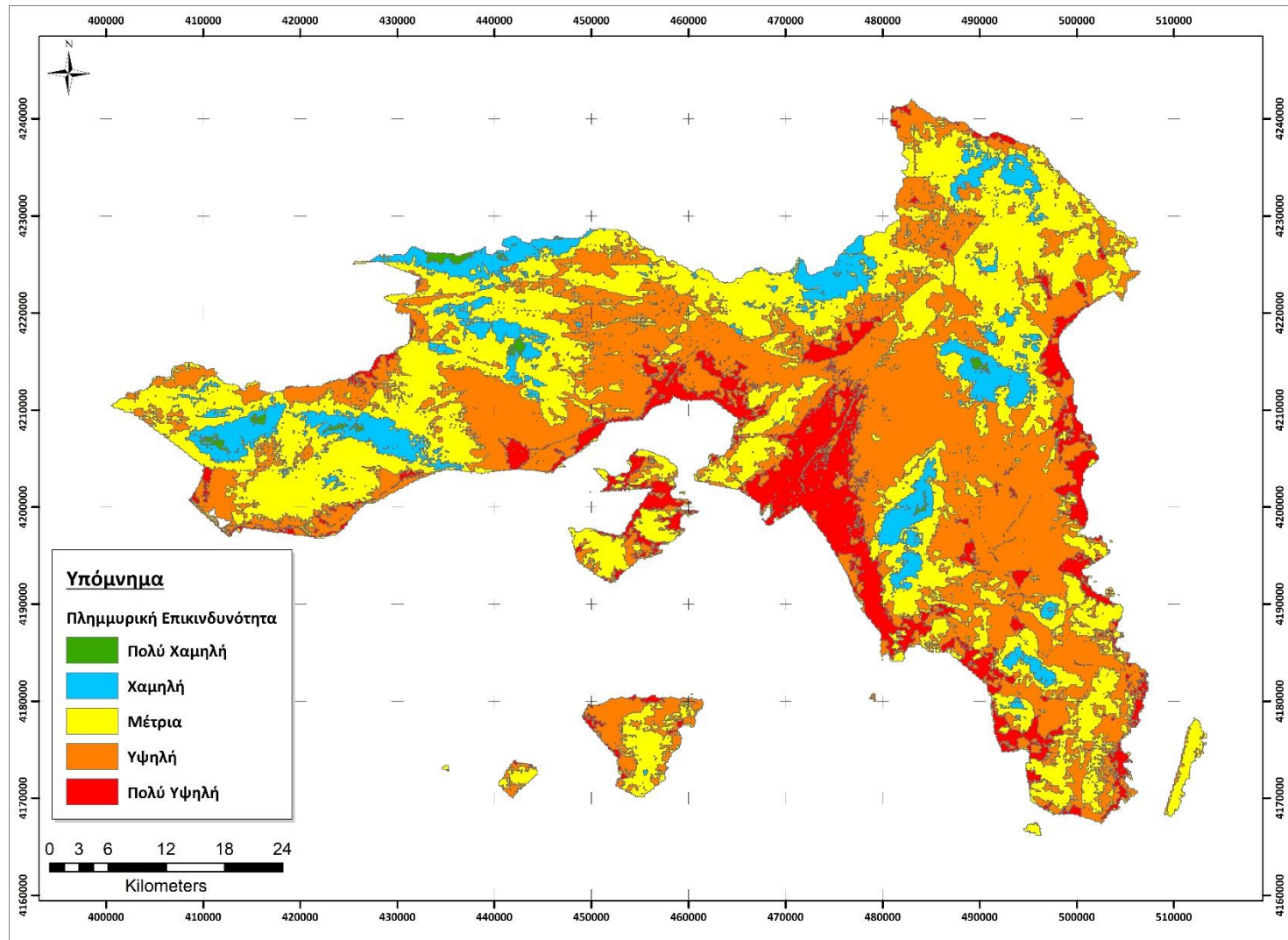


# Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 44: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 500 ετών

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 45: Χάρτης πλημμυρικής επικινδυνότητας της Αττικής για περίοδο επαναφοράς 1000 ετών

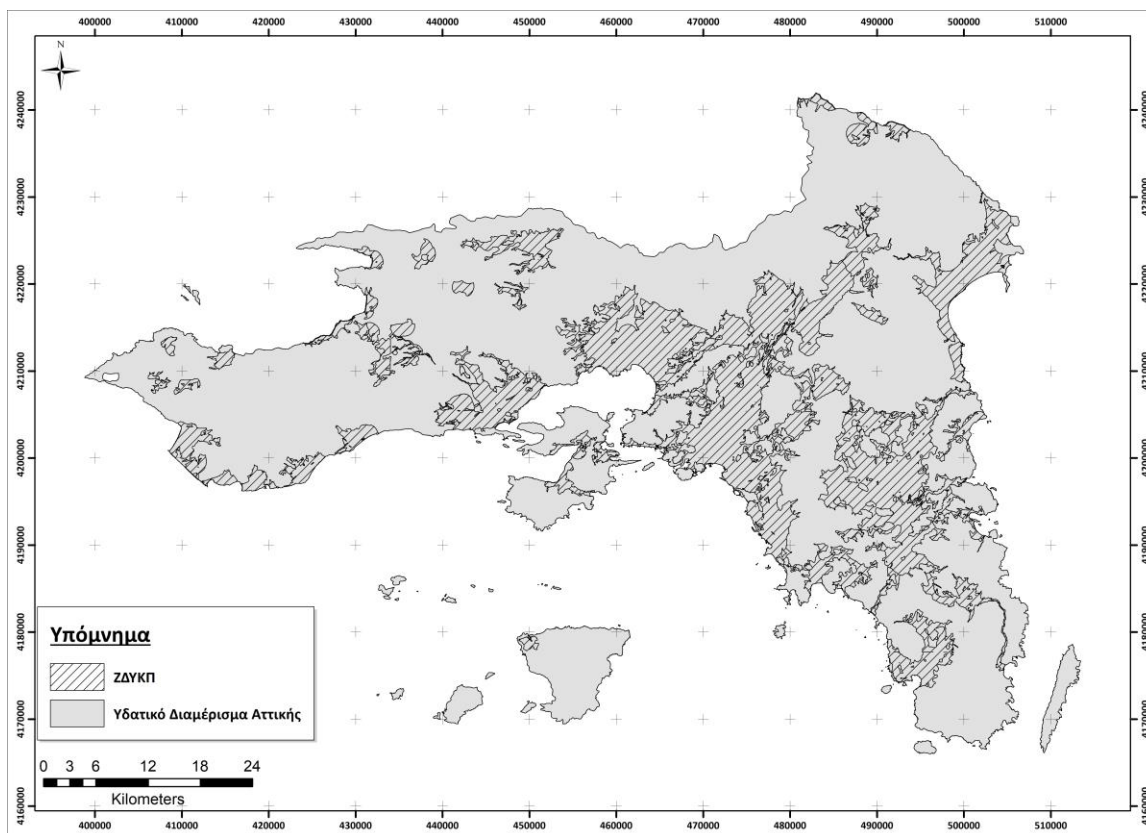
#### **4.8 Σύγκριση των Περιοχών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας**

Για την σύγκριση των Περιοχών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης που θέσπισαν οι Horritt and Bates (2002) για την αξιολόγηση και τη σύγκριση δύο διανυσματικών μοντέλων, Εξ. (7).

Σύμφωνα, λοιπόν, με το δείκτη αυτό προέκυψαν τα αποτελέσματα, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 25. Η σύγκριση έγινε μεταξύ των αρχείων της πλημμυρικής επικινδυνότητας (Εικόνα 41, Εικόνα 42, Εικόνα 43, Εικόνα 44 και Εικόνα 45), όπως προέκυψαν από τη μελέτη, καθώς και του αρχείου, το οποίο προσδιορίζει τις ζώνες δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας, όπως δίνεται από το ΥΠΕΚΑ (Εικόνα 46). Ο δείκτης παίρνει τιμές από 0 έως 1, όπου 0 όταν τα εικονοστοιχεία των δύο εικόνων δεν επικαλύπτονται καθόλου και 1 όταν τα εικονοστοιχεία των δύο εικόνων επικαλύπτονται πλήρως.

Όπως παρατηρείται, οι δύο μέθοδοι κατάρτισης των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα σε ό,τι αφορά την τιμή του δείκτη σύγκρισης, δηλαδή το μέτρο της επικάλυψης των δύο εκάστοτε αρχείων που εξετάζονται. Τόσο με τη χρήση του MFI, όσο και με τη χρήση των όμβριων καμπυλών, τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι ίσα με ένα ποσοστό κοντά στο 40 %, όπως φαίνεται στον Πίνακα 25. Ο συγκεκριμένος δείκτης κρίνεται αρκετά αυστηρός, οπότε το ποσοστό επικάλυψης είναι ικανοποιητικό (Horritt and Bates, 2002).

## Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 46: Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής

Πίνακας 25: Σύγκριση Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (MFI)	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=25)	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=50)	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=100)	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=500)	Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=1000)
Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΥΠΕΚΑ)	0.3918	0.3918	0.3918	0.3931	0.3935	0.3935

Στον Πίνακα 26 φαίνονται οι εκτάσεις των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας σε τετραγωνικά χιλιόμετρα, τόσο με τη χρήση του δείκτη MFI, όσο και με τη χρήση της αναλυτικής συνάρτησης των όμβριων καμπύλων. Παρατηρείται πως οι εκτάσεις δε διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, γεγονός που επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της σύγκρισης του Πίνακα 25. Επίσης, παρατηρώντας τον Πίνακα 26, φαίνεται ότι οι εκτάσεις των περιοχών, που είναι περισσότερο επιρρεπείς σε πλημμύρες, είναι αρκετά παραπλήσιες, είτε γίνεται χρήση του δείκτη MFI, είτε των όμβριων καμπύλων. Έτσι, μπορεί να διαπιστωθεί ότι όποια μέθοδος κι αν χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής, τα αποτελέσματα δε θα διαφέρουν παρά ελάχιστα.

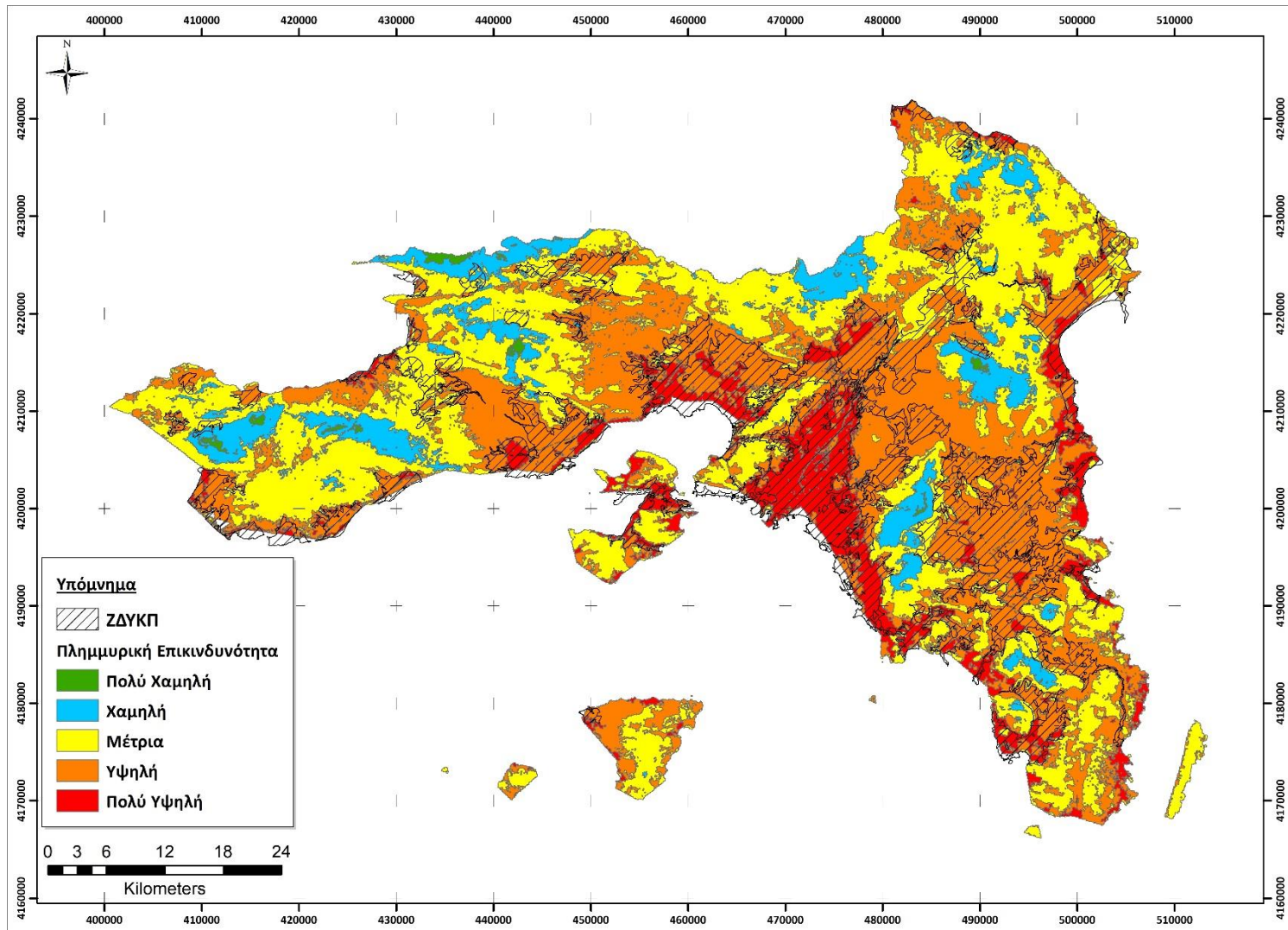
Πίνακας 26: Τιμές Εκτάσεων Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας

Προσέγγιση	Έκταση Ζωνών Δυνητικά Υψηλών Κινδύνων Πλημμύρας (km <sup>2</sup> )
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (MFI)</b>	1571.79
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=25)</b>	1571.78
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=50)</b>	1571.78
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=100)</b>	1573.08
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=500)</b>	1573.08
<b>Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (T=1000)</b>	1573.08

Στην Εικόνα 47, φαίνεται η πλημμυρική επικινδυνότητα στην Αττική, με βάση το δείκτη MFI, και οι Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) από τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), όπως έχουν προσδιορισθεί από το ΥΠΕΚΑ (2017). Παρατηρείται πως οι ΖΔΥΚΠ που προσδιορίστηκαν, με εκείνες που έχουν προσδιορισθεί από το ΥΠΕΚΑ (2017), επικαλύπτονται, κυρίως, στο λεκανοπέδιο της Αττικής, αλλά και κατά μήκος της παραλιακής ζώνης του, όπως και στην παραλιακή ζώνη

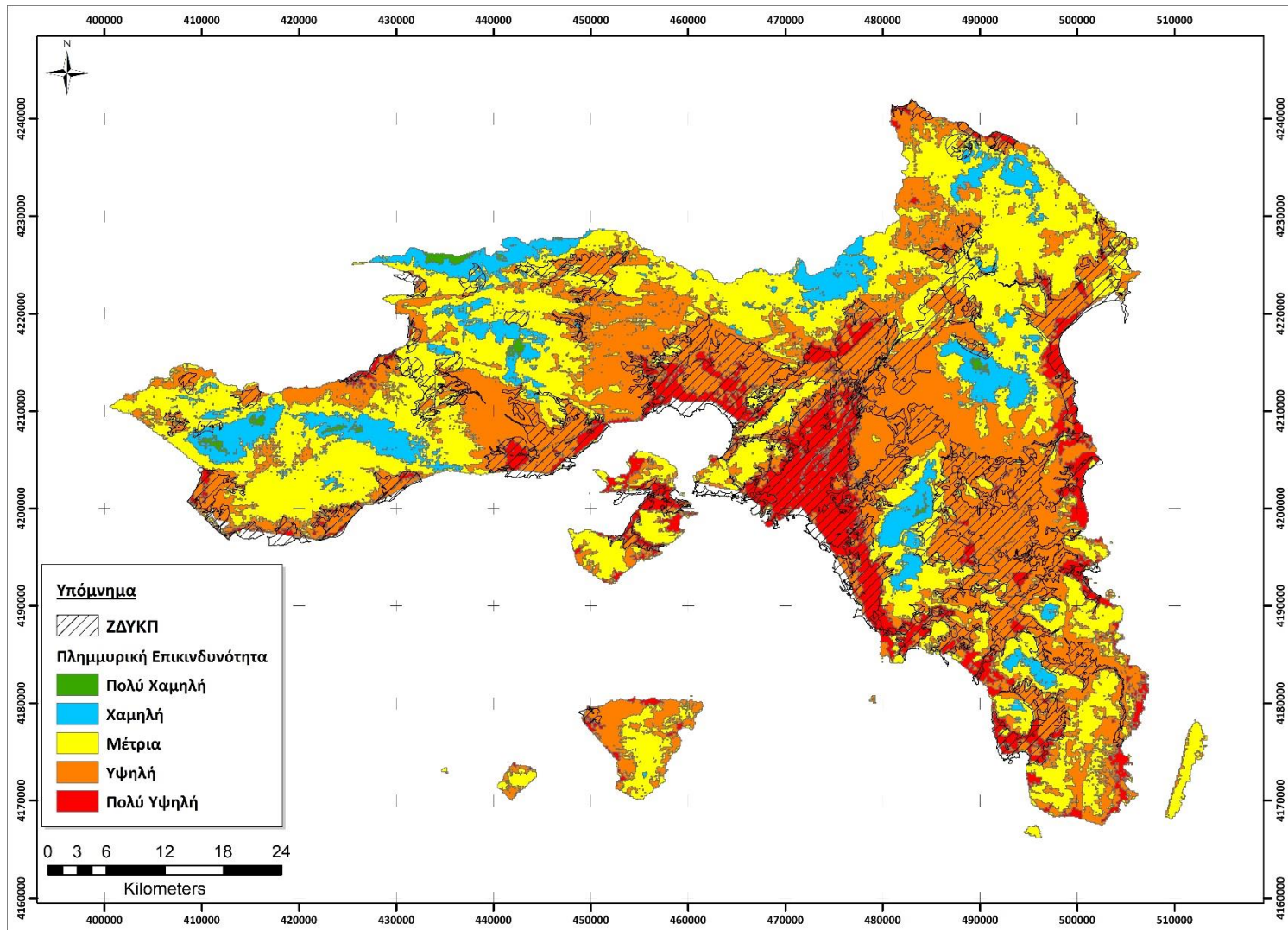


του Σαρωνικού. Επιπλέον, ανατολικά του Υμηττού και στην ευρύτερη περιοχή του Μαρκόπουλου, οι ΖΔΥΚΠ ταυτίζονται, όπως και, κατά τόπους, στην Σαλαμίνα. Τέλος, για την ευρύτερη περιοχή της Ελευσίνας, αλλά και για το Μενίδι, τα Άνω Λιόσια και για την Μάνδρα, επαληθεύεται η υψηλή έως πολύ υψηλή πλημμυρική επικινδυνότητα. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται και ο χάρτης της Εικόνας 48, ο οποίος απεικονίζει την πλημμυρική επικινδυνότητα με βάση τις όμβριες καμπύλες για περίοδο επαναφοράς 25 ετών και τις ΖΔΥΚΠ από τα ΣΔΚΠ.



Εικόνα 47: Πλημμυρική Επικινδυνότητα με βάση το ΜΦΙ και ΣΔΥΚΠ από τα ΣΔΚΠ

# Εκτίμηση της Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής



Εικόνα 48: Πλημμυρική Επικινδυνότητα με βάση τις όμβριες καμπύλες για περίοδο επαναφοράς 25 ετών και ΖΔΥΚΠ από τα ΣΔΚΠ



## **5. Συμπεράσματα**

Φαίνεται, πως με την πάροδο των ετών, τα πλημμυρικά φαινόμενα, τόσο σε ό,τι αφορά την σφοδρότητά τους, όσο και σε ό,τι αφορά την συχνότητά τους, θα απασχολούν ολοένα και περισσότερο. Το ζήτημα των πλημμυρών αποτελεί, τελικά, ένα πολυδιάστατο θέμα, το οποίο επηρεάζεται τις οικονομικές και κοινωνικές δραστηριότητες, αλλά, αρκετές φορές, και την ίδια την σωματική ακεραιότητα των ανθρώπων των πληγείσων περιοχών.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, ο στόχος ήταν η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με του αριθμούς καμπύλης (Curve Number – CN) για όλη την επικράτεια και η εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας για το Νομό Αττικής με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη προσέγγιση, χρησιμοποιήθηκε ο Modified Fournier Index (MFI). Στη δεύτερη προσέγγιση, χρησιμοποιήθηκαν οι όμβριες καμπύλες, για διάφορες περιόδους επαναφοράς ήτοι 25, 50, 100, 500 και 1000 έτη, με την εφαρμογή των οποίων βρέθηκε η ένταση της βροχόπτωσης.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την κατάρτιση των χαρτών πλημμυρικής επικινδυνότητας αθροίζει τα βάρη των παραμέτρων (Kourgialas and Karatzas, 2011) του υψομέτρου, της εδαφικής κλίσης, της συσσώρευσης ροής, των χρήσεων γης, του αριθμού καμπύλης απορροής CN, καθώς και της βροχόπτωσης, σε περιβάλλον GIS. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η βροχόπτωση εκτιμήθηκε με δύο μεθοδολογίες. Με χρήση του δείκτη MFI, καθώς και με τη χρήση των όμβριων καμπύλων, οι οποίες είναι διαθέσιμες σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής (EL06).

Συνοπτικά, διαπιστώθηκε ότι οι περιοχές του Υδατικού Διαμερίσματος της Αττικής (EL06), οι οποίες κινδυνεύουν περισσότερο, βρίσκονται στο λεκανοπέδιο και, γενικότερα, στις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, ενώ οι ορεινοί όγκοι και οι περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, φαίνεται να κινδυνεύουν λιγότερο. Πιο συγκεκριμένα, το λεκανοπέδιο της Αττικής και η παραλιακή του ζώνη, τα παράλια του Σαρωνικού, η Σαλαμίνα, κατά τμήματα, οι ευρύτερες περιοχές της Ελευσίνας, της Μάνδρας, του

Μενιδίου και των Άνω Λιοσίων, καθώς και τα μέρη γύρω από το Μαρκόπουλο και ανατολικά και βόρεια του Υμηττού, φαίνεται να είναι ιδιαίτερα επιρρεπή σε πλημμυρικά φαινόμενα. Αντίθετα, οι ορεινοί όγκοι της Αττικής (Γεράνεια, Πατέρας, Πάρνηθα, Πεντέλη, Υμηττός) και οι περιοχές στους πρόποδες τους φαίνεται να αντιμετωπίζουν χαμηλό έως πολύ χαμηλό κίνδυνο πλημμύρας.

Τα βασικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη είναι, πρώτον, το γεγονός ότι οποιαδήποτε μέθοδος κι αν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της βροχόπτωσης ή οποιαδήποτε περίοδος επαναφοράς, στην περίπτωση της χρήσης της αναλυτικής συνάρτησης των όμβριων καμπύλων, το αποτέλεσμα θα είναι παρόμοιο και, δεύτερον, το γεγονός ότι στο λεκανοπέδιο της Αττικής, ειδικά, παραμένει πολύ υψηλός ο κίνδυνος πλημμύρας.

Εδώ πρέπει να τονιστεί πως στην παρούσα έρευνα υπάρχουν ζητήματα, τα οποία εκτιμάται πως χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Αυτά αφορούν, κυρίως, την επιλογή των παραγόντων που συμβάλλουν στην πλημμυρική επικινδυνότητα. Εκτός από διαφορετικοί, θα μπορούσαν να είναι και περισσότεροι. Ένας από αυτούς είναι, για παράδειγμα, η γεωλογία. Ένα άλλο θέμα που προκύπτει είναι ο καθορισμός του τρόπου απόδοσης των βαρών σε κάθε έναν από τους παράγοντες. Για παράδειγμα, θα μπορούσε η απόδοση των βαρών να χωριστεί σε σενάρια, τα οποία θα επικεντρώνονται, κάθε φορά, σε διαφορετικούς παράγοντες, οι οποίοι θα παρουσιάζουν και τη μεγαλύτερη βαρύτητα.

Μερικές ενέργειες, στις οποίες θα μπορούσαν να προβούν οι εκάστοτε αρμόδιες αρχές, είναι η δημιουργία κατάλληλων έργων υποδομής, για παράδειγμα αντιπλημμυρικά δομικά έργα, στα υδάτινα σώματα, στα οποία χρειάζονται, ή έργα, που θα παρέχουν τη δυνατότητα έγκαιρης πρόγνωσης, παρακολούθησης και διαχείρισης των φαινομένων πλημμύρας. Η Ελλάδα, άλλωστε, είναι μία χώρα, που, όπως αποδείχθηκε και στην πρώτη ενότητα, πλήττεται από πληθώρα πλημμυρικών φαινομένων, γεγονός που καθιστά τις παραπάνω προτάσεις, ακόμα, πιο επιτακτικές.

## **6. Βιβλιογραφικές Αναφορές**

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Γιαμαλάκη, Δ. (2015). Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας Περιοχών της Περιφερειακής Ενότητας Αχαΐας και Κατευθύνσεις Βιώσιμου Χωρικού Σχεδιασμού. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα.
- Γρίβα, Μ. (2021). Ανάλυση Χωρικής Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στη περιοχή Τυμπακίου Κρήτης. Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διπλωματική Εργασία, Χανιά.
- Δεβελέκου, Μ. (2020). Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου στο Βορειοδυτικό Τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Ηρακλείου. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα.
- Διακάκης, Μ. (2012). Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας με τη χρήση Μοντέλων Προσομοίωσης. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- Κανδηλιώτη, Γ. Ι. (2009). Εκτίμηση Πλημμυρικής Επικινδυνότητας στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα.
- Κατσαφάδος, Π. και Μαυροματίδης, Η. (2015). Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, Αθήνα.
- Μιμίκου, Μ.Α. (2013). Οι Υδατικοί Πόροι της Ελλάδας: Παρόν και Μέλλον. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα.
- Σολωμού, Ν. (2015). Εκτίμηση στάθμης υπογείων υδάτων και ρυπαντικών παραμέτρων στο Βόρειο τμήμα του Ν. Χανίων με τη χρήση εργαλείων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον GIS. Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Διπλωματική Εργασία, Χανιά.

- Τζούτζας, Π. (2008). Επιπτώσεις Ανύψωσης Στάθμης Θάλασσας λόγω Κλιματικής Αλλαγής στη Νήσο Λέσβο. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Μυτιλήνη.
- Τσακίρης, Γ. (2013). Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία και Εισαγωγή στη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Τσακίρης, Γ. και Βαγγέλης, Χ. (2009). Υδατικοί Πόροι: ΙΙ. Εφαρμογές Τεχνικής Υδρολογίας. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Τσιχριντζής, Β.Α. (1999). Οικολογική Μηχανική και Τεχνολογία Τόμος Ι: Διαχείριση Απορροής, Ρύπων και Φερτών. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής και Τεχνολογίας, Ξάνθη.
- Χατζηδάκη, Α. (2013). Πολυκριτηρική Ανάλυση σε περιβάλλον GIS για την χαρτογράφηση της πλημμύρας στην Βόρεια Ελλάδα. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Διπλωματική Εργασία, Βόλος.



**Διεθνής Βιβλιογραφία**

- Azizat, N., & Wan Omar, W. M. S. (2018). Assessment of Three Flood Hazard Mapping Methods: A Case Study of Perlis. *E3S Web of Conferences*, 34. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183402028>
- Barredo, J. I. (2007). Major flood disasters in Europe: 1950-2005. *Natural Hazards*, 42(1), 125–148. <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9065-2>
- Barredo, J. I. (2009). Natural Hazards and Earth System Sciences Normalised flood losses in Europe: 1970-2006. In *Hazards Earth Syst. Sci* (Vol. 9). [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/97/2009/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/97/2009/)
- Fan, F., Deng, Y., Hu, X., & Weng, Q. (2013). Estimating composite curve number using an improved SCS-CN method with remotely sensed variables in Guangzhou, China. *Remote Sensing*, 5(3), 1425–1438. <https://doi.org/10.3390/rs5031425>
- Faregh, W., & Benkhaled, A. (2021). GIS-based multicriteria approach for flood risk assessment in Sigus city, east Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07314-w>
- Feloni, E., Mousadis, I., & Baltas, E. (2020). Flood vulnerability assessment using a GIS-based multi-criteria approach—The case of Attica region. *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12563>
- Fernandez, H., Martins, F., & Isidoro, J. (2018). Using the Modified Fournier Index to model rainfall aggressiveness with scarce rainfall data. In *Geophysical Research Abstracts* (Vol. 20).
- Goumas, C., Trichakis, I., Vozinaki, A. I., & Karatzas, G. P. (2022). Flood risk assessment and flow modeling of the Stalos stream area. *Journal of Hydroinformatics*, 24(3), 677–696. <https://doi.org/10.2166/HYDRO.2022.004>
- Hagos, Y. G., Andualem, T. G., Yibeltal, M., & Mengie, M. A. (2022). Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in

- upper Awash River basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(7).  
<https://doi.org/10.1007/s13201-022-01674-8>
- Horritt, M. S., & Bates, P. D. (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*, 268(1–4), 87–99.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00121-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00121-X)
- Jaafar, H. H., Ahmad, F. A., & El Beyrouthy, N. (2019). GCN250, new global gridded curve numbers for hydrologic modeling and design. *Scientific Data*, 6(1).  
<https://doi.org/10.1038/s41597-019-0155-x>
- Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal*, 56(2), 212–225. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>
- Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2016). A flood risk decision making approach for Mediterranean tree crops using GIS; climate change effects and flood-tolerant species. *Environmental Science and Policy*, 63, 132–142.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.05.020>
- Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2017). A national scale flood hazard mapping methodology: The case of Greece – Protection and adaptation policy approaches. *Science of the Total Environment*, 601–602, 441–452.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.197>
- Kundzewicz, Z. W., & Kundzewicz, W. J. (2005). *Mortality in Flood Disasters*. Verlag. [www.nws](http://www.nws).
- Mimikou, M. A. (2005). WATER RESOURCES IN GREECE : PRESENT AND FUTURE. In *Global NEST Journal* (Vol. 7, Issue 3).
- Mountford, H. (n.d.). *Water: The Environmental Outlook to 2050 OECD Global Forum on Environment: Making Water Reform Happen*.
- Thomason, C. (2019). *Hydraulic Design Manual*.

- Zeng, Z., Tang, G., Hong, Y., Zeng, C., & Yang, Y. (2017). Development of an NRCS curve number global dataset using the latest geospatial remote sensing data for worldwide hydrologic applications. *Remote Sensing Letters*, 8(6), 528–536. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2017.1297544>
- Zotou, I., Bellos, V., Gkouma, A., Karathanassi, V., & Tsihrintzis, V. A. (2020). Using Sentinel-1 Imagery to Assess Predictive Performance of a Hydraulic Model. *Water Resources Management*, 34(14), 4415–4430. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02592-7>
- Perlman, H., Makropoulos, C., & Koutsoyiannis, D. (2005). The water cycle. *United States Geological Survey*, <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>, 19 pages, doi:10.13140/RG.2.2.11182.92480

### Διαδικτυακοί Τόποι

*CLC 2018 — Copernicus Land Monitoring Service.* (2022). CLC 2018 — Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

*EU-DEM v1.1 — Copernicus Land Monitoring Service.* (2022). EU-DEM v1.1 — Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>

*Harmonized world soil database v1.2|FAO SOILS PORTAL Food and Agriculture Organization of the United Nations.* (2023). Harmonized World Soil Database v1.2|FAO SOILS PORTAL Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>

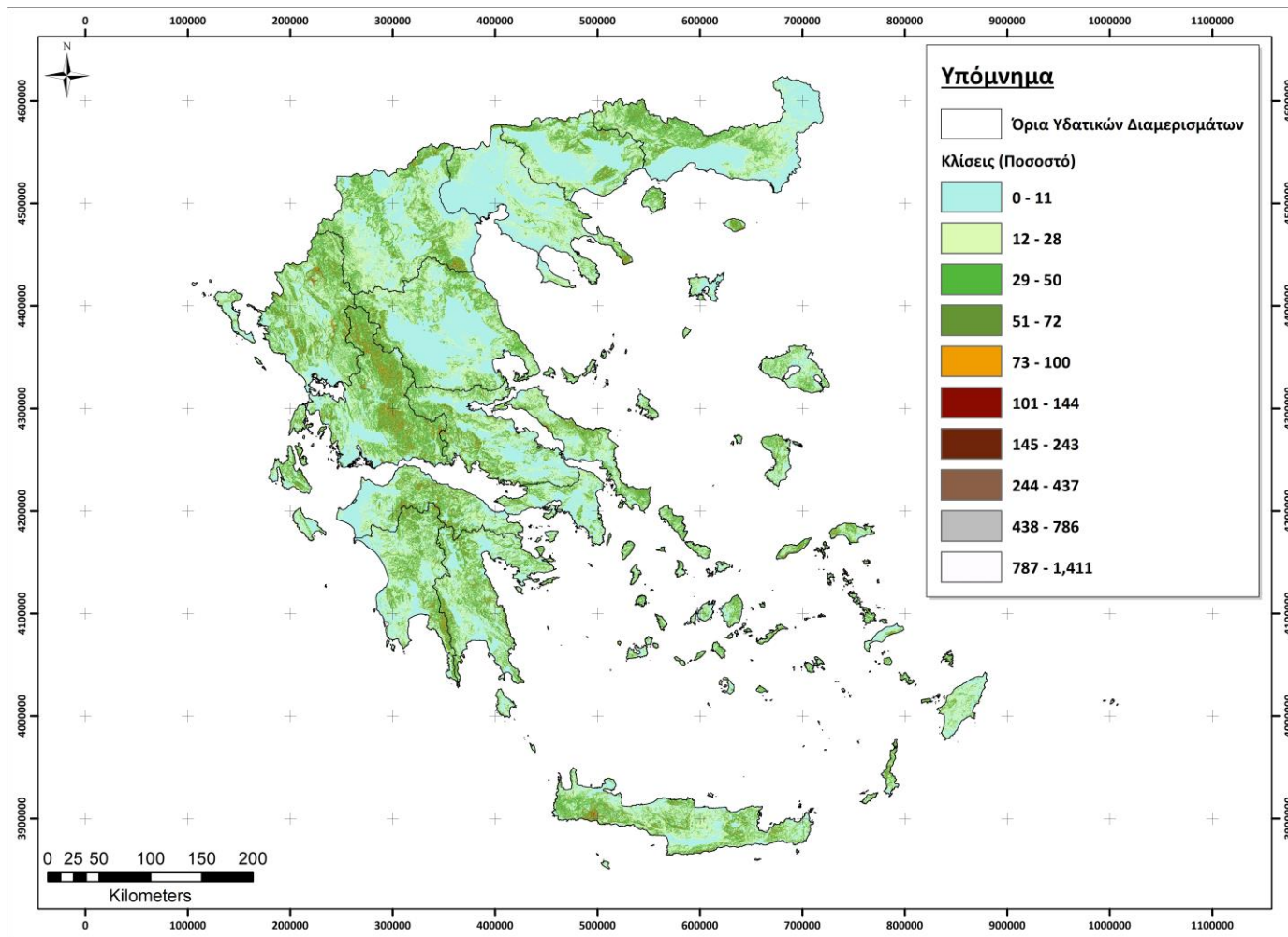
*FAO/UNESCO Soil Map of the World FAO SOILS PORTAL Food and Agriculture Organization of the United Nations.* (2023). FAO/UNESCO Soil Map of the World FAO SOILS PORTAL Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faounesco-soil-map-of-the-world/en/>

*GEODATA.gov.gr.* (2022). GEODATA.gov.gr. <https://geodata.gov.gr/>

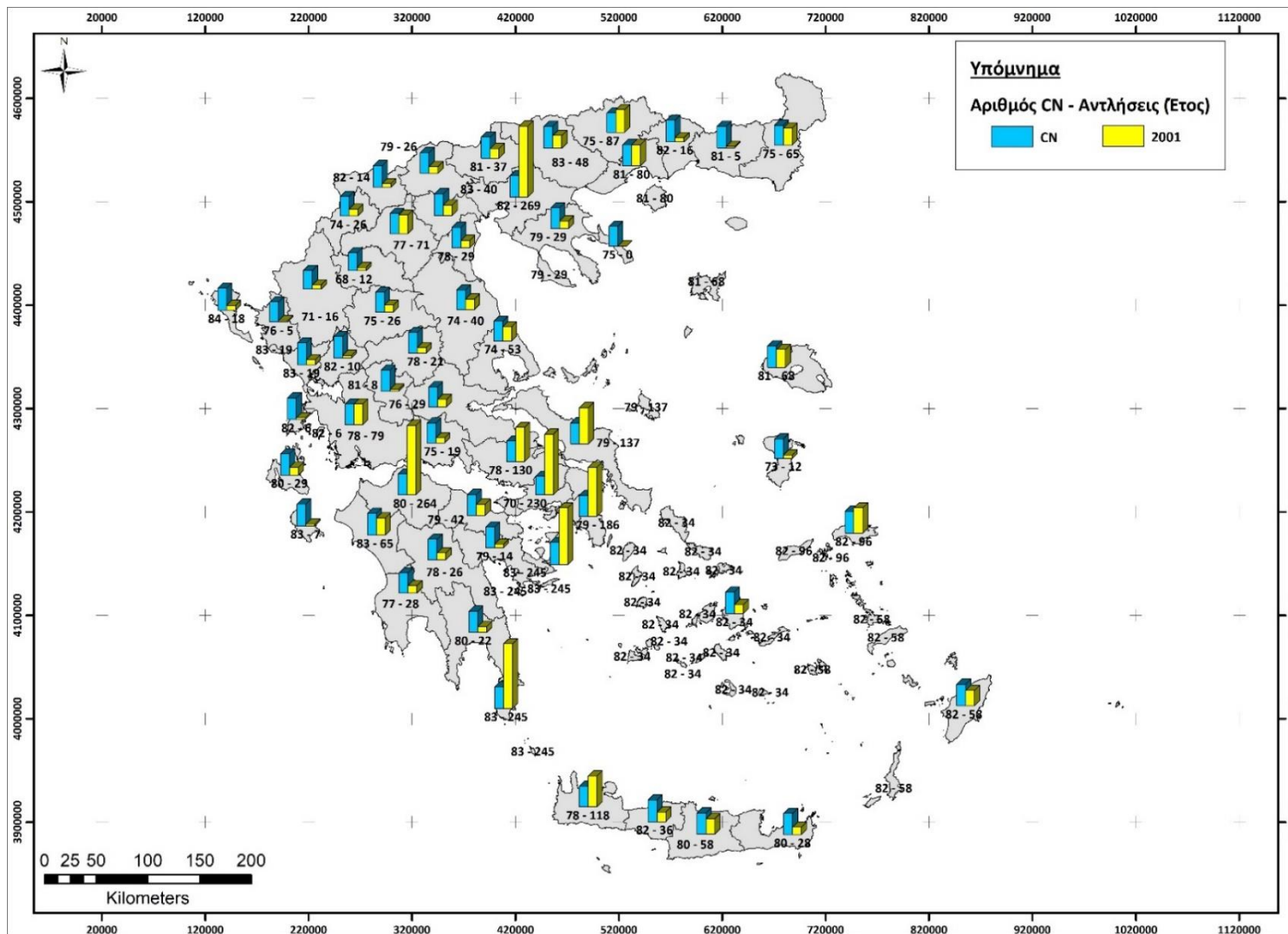
*HEC-HMS.* (2022). HEC-HMS. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>  
<https://floods.ypeka.gr/>

<https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1>

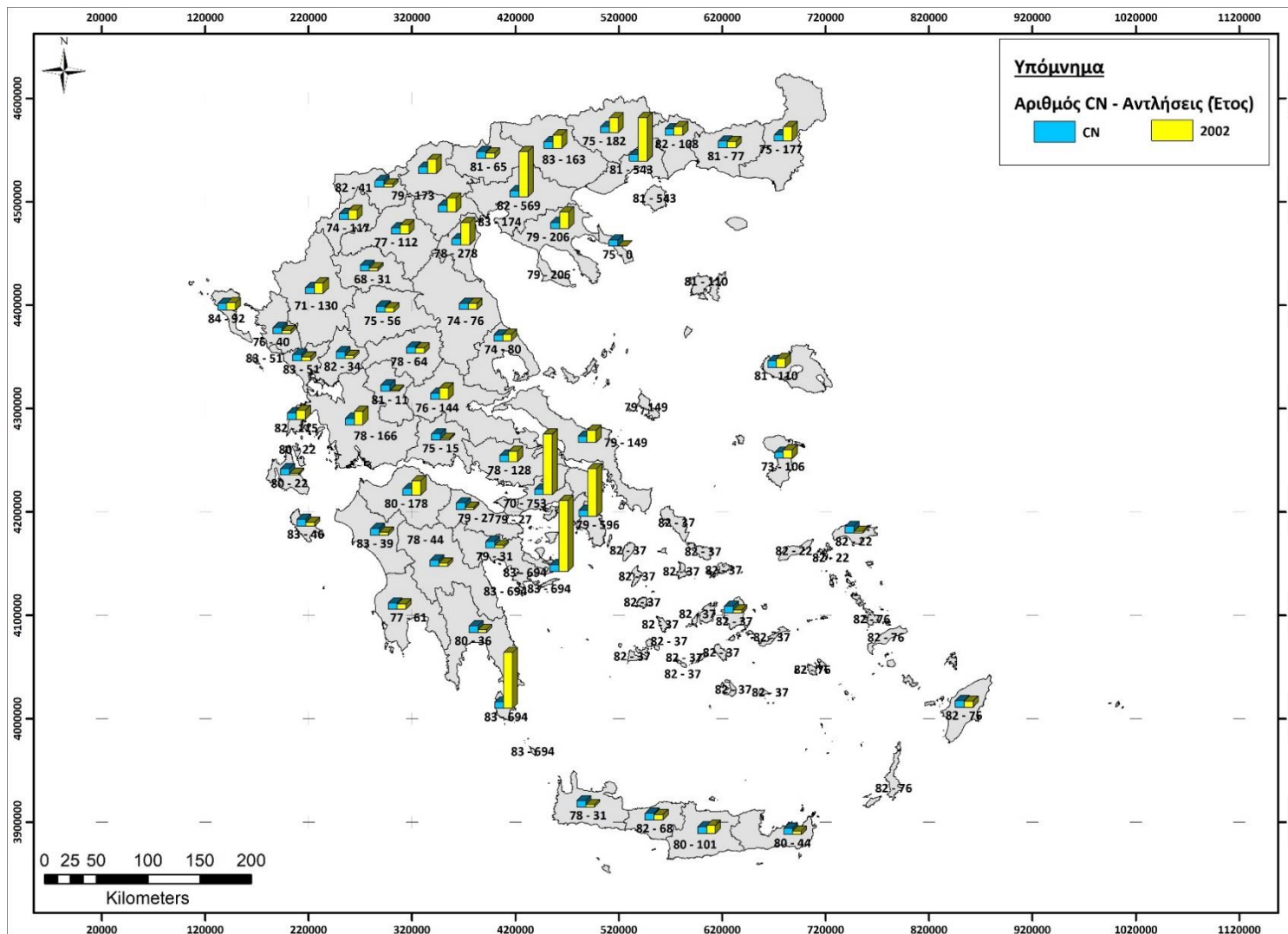
**Παράρτημα Χαρτών**



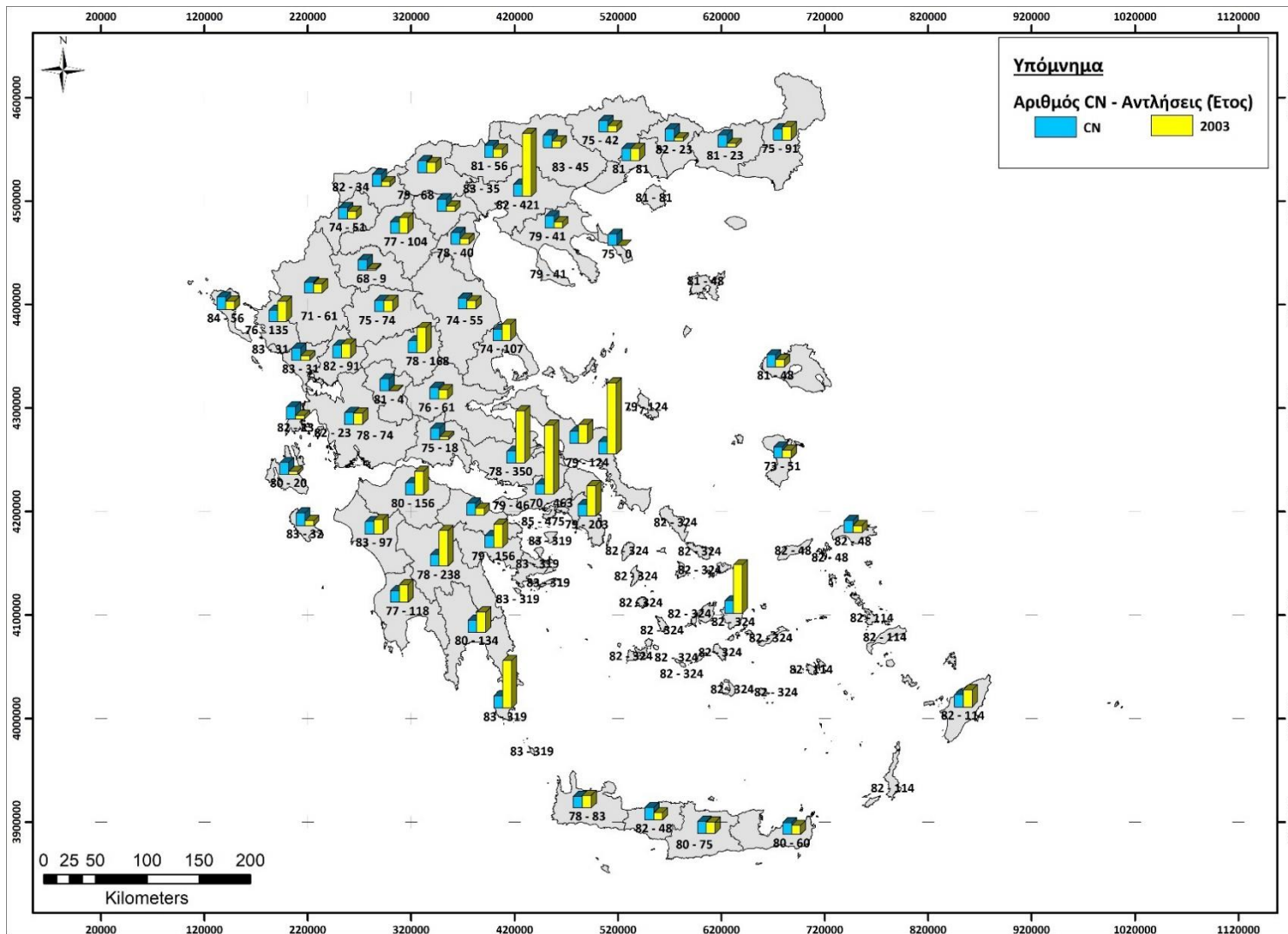
Εικόνα Π1: Χάρτης Κλίσεων της Ελλάδας σε ποσοστό



Εικόνα Π2: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2001 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό

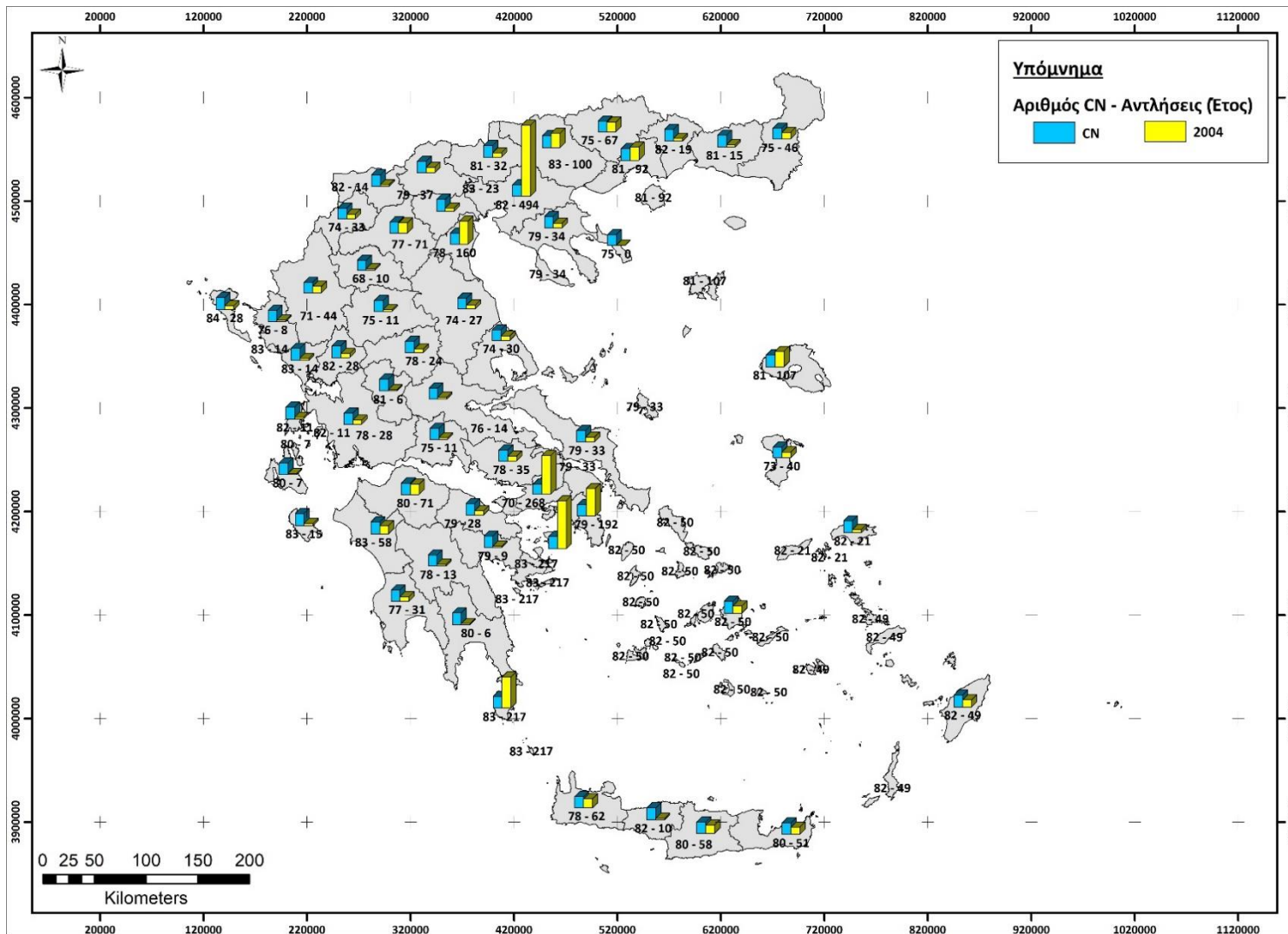


Εικόνα Π3: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2002 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό

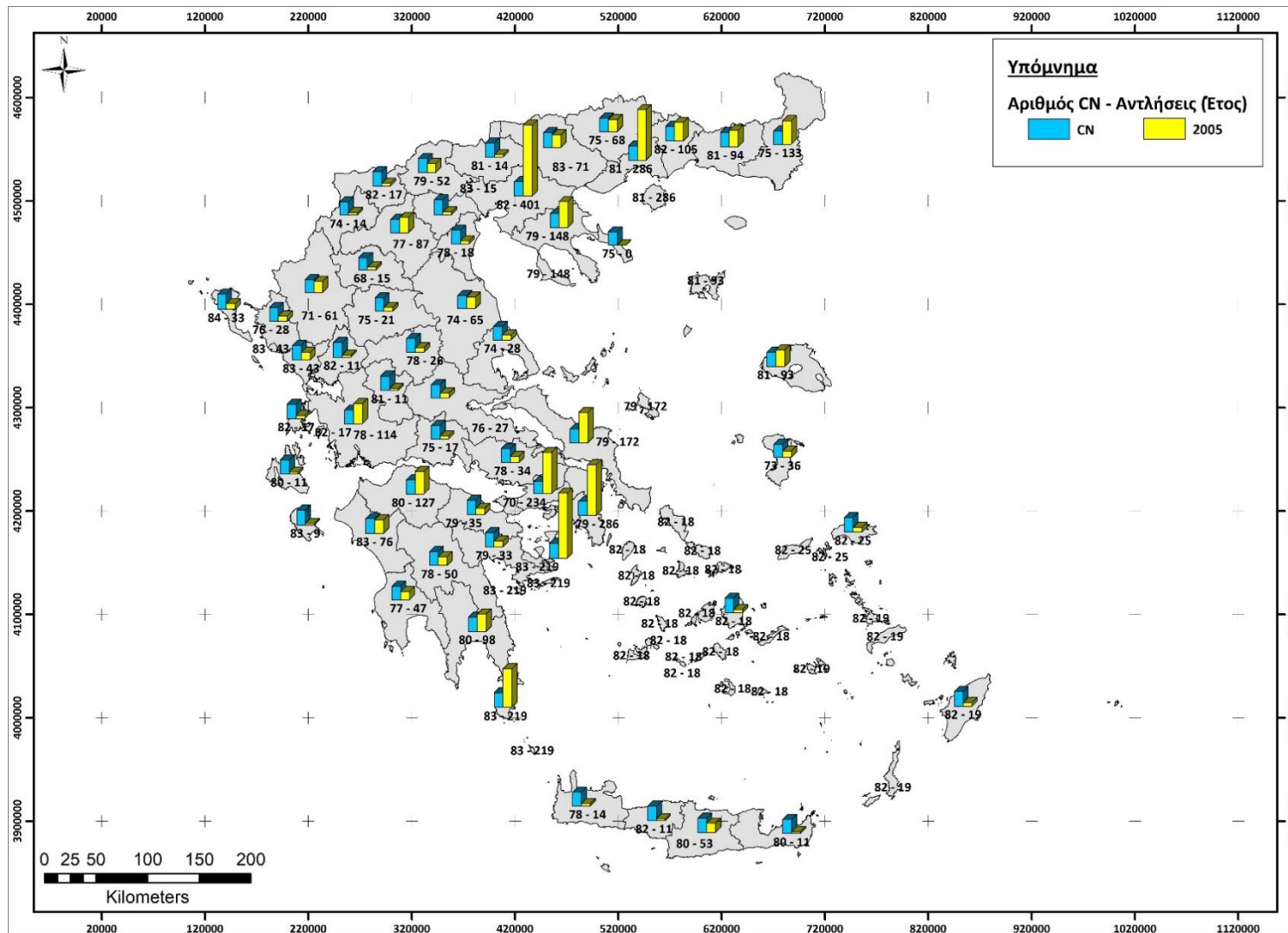


Εικόνα Π4: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2003 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό

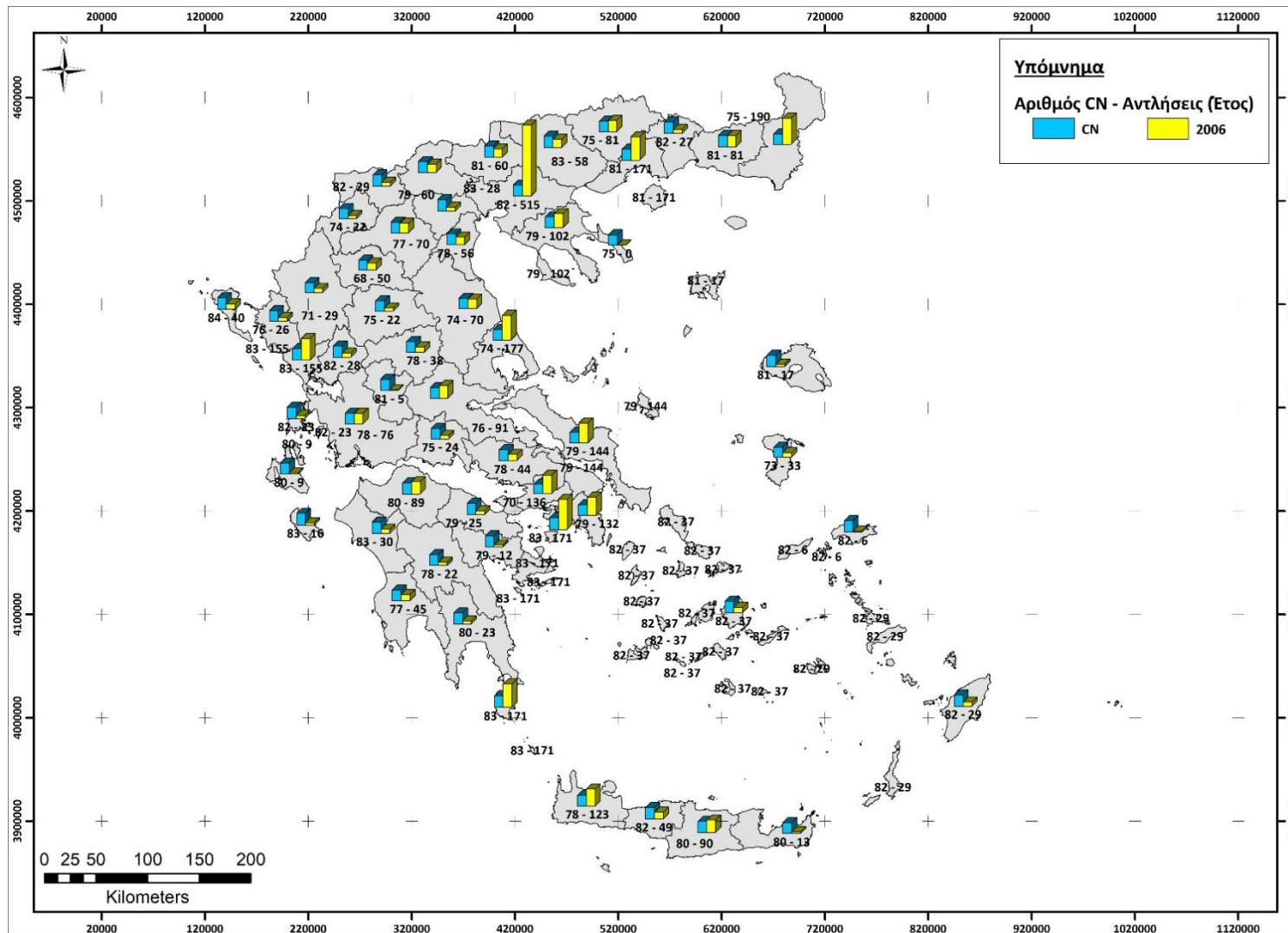




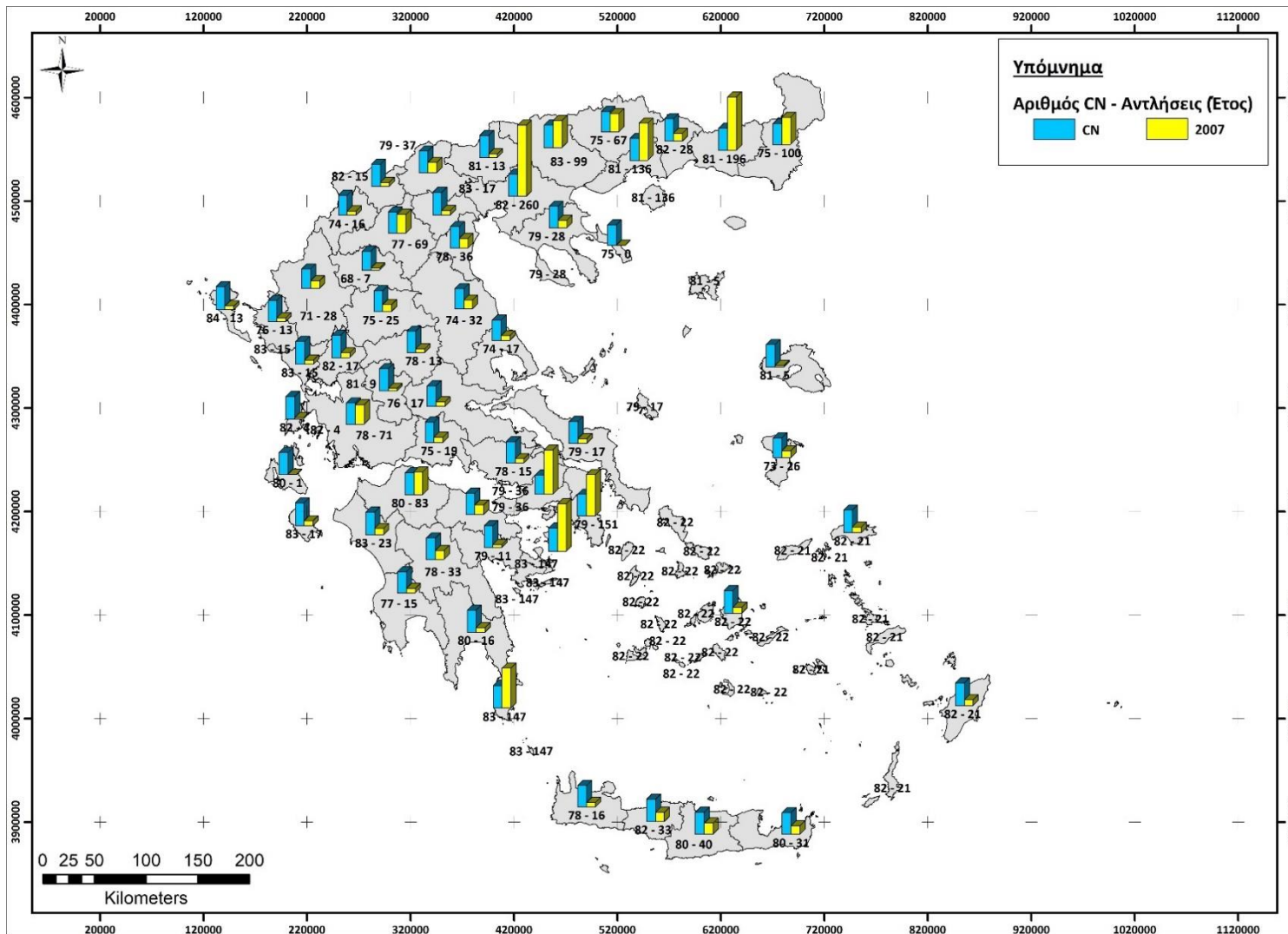
Εικόνα Π5: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2004 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



Εικόνα Π6: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2005 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



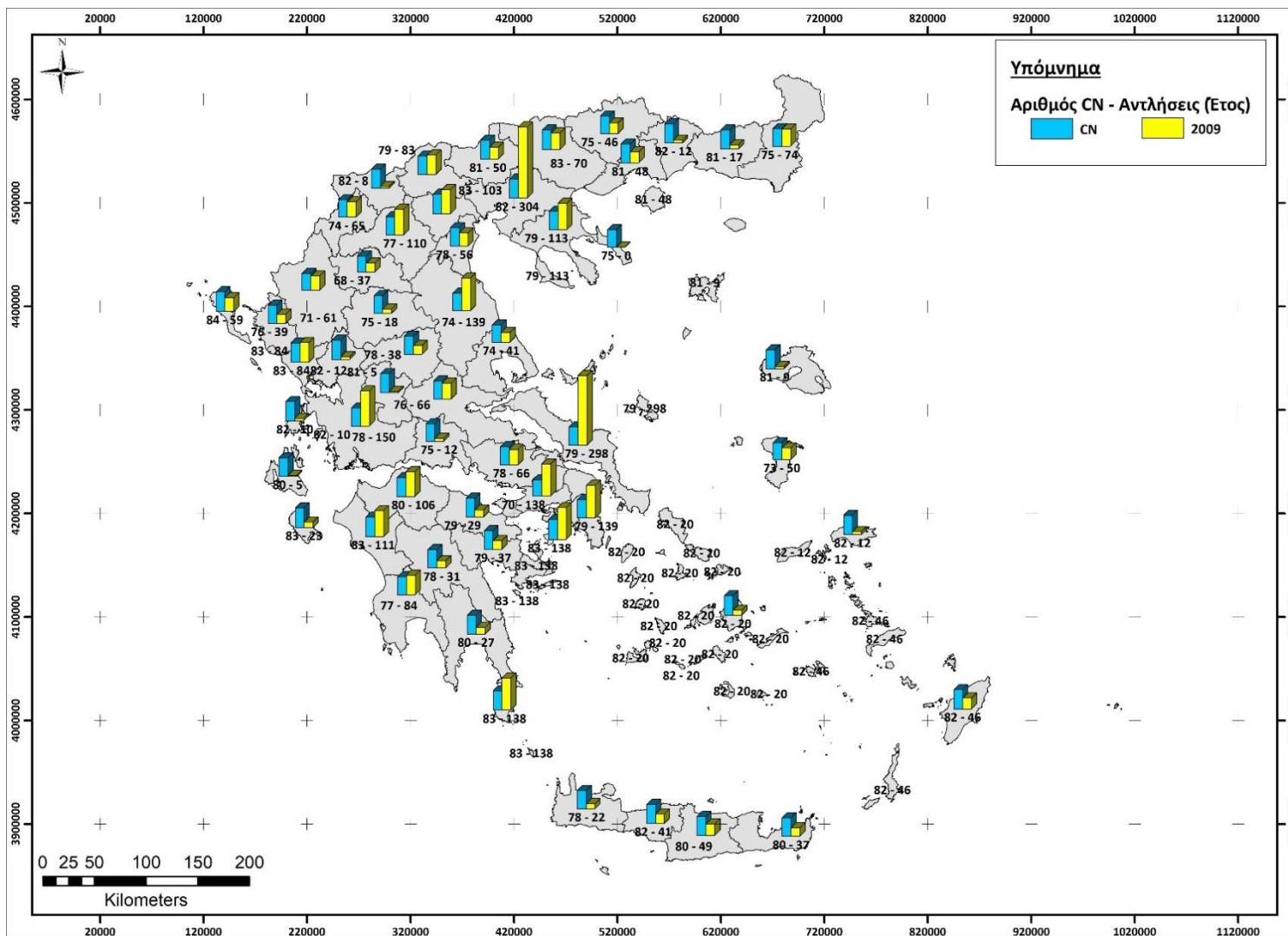
Εικόνα Π7: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2006 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



Εικόνα Π8: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2007 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό

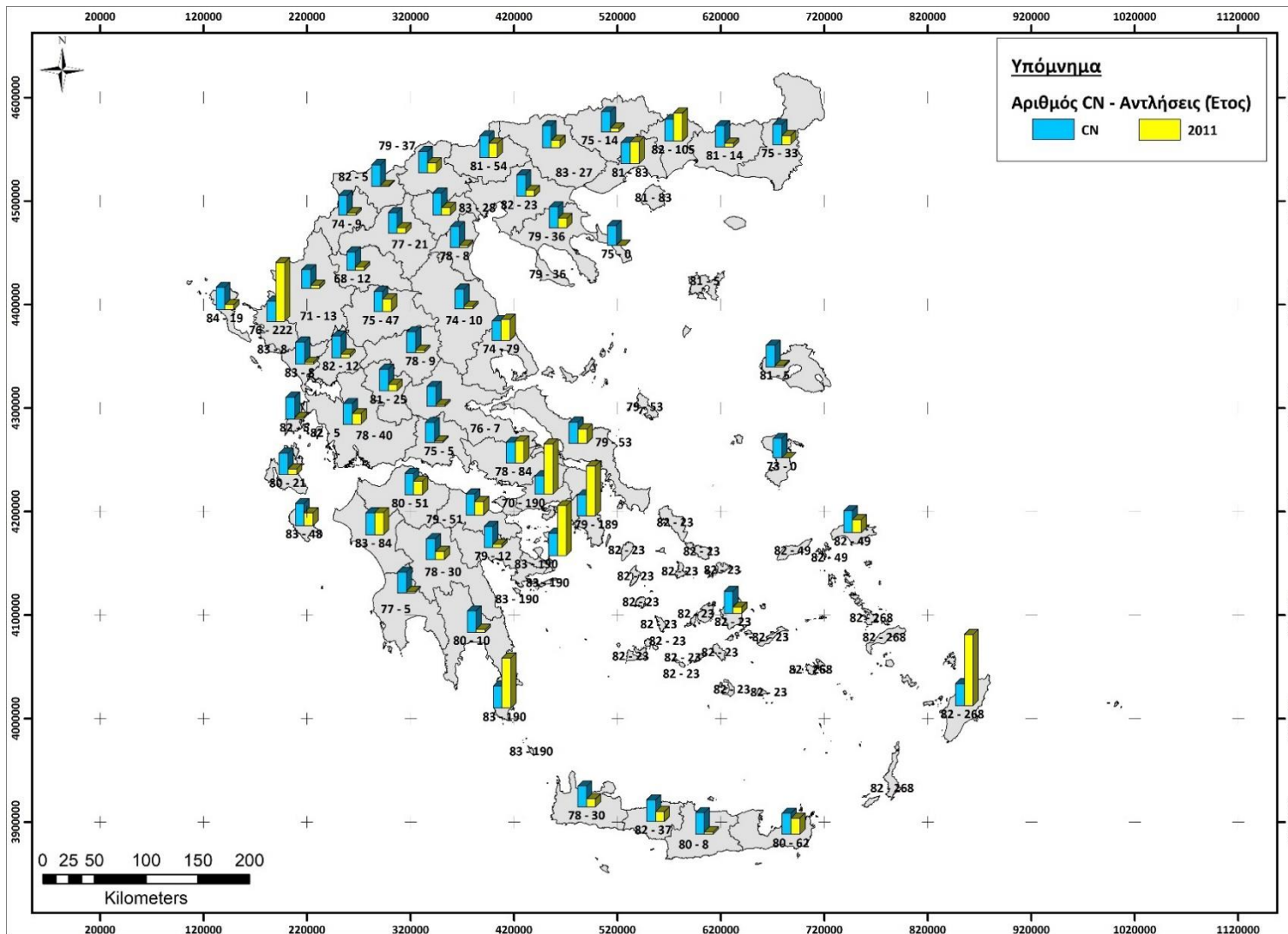






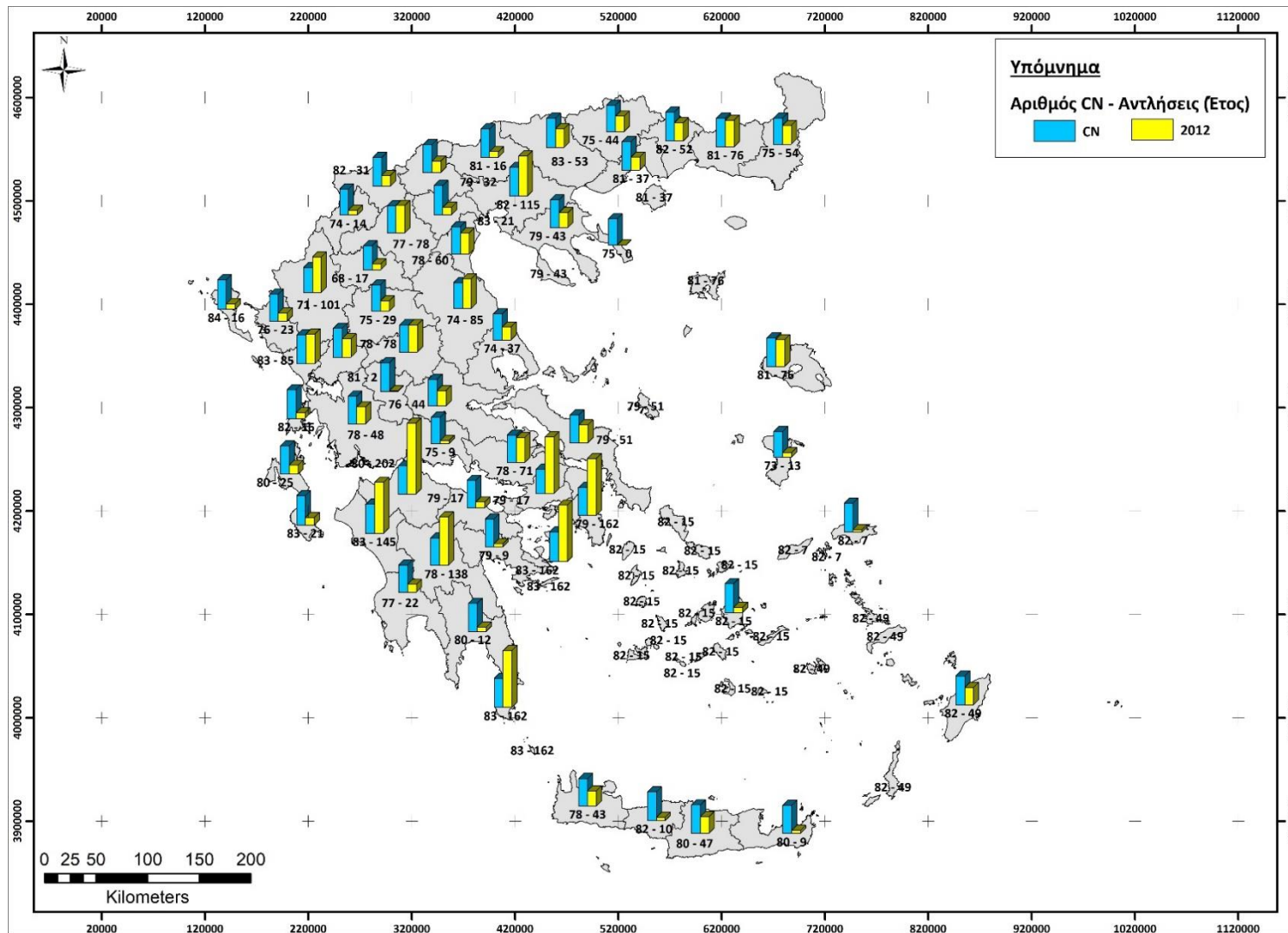
Εικόνα Π10: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2009 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό





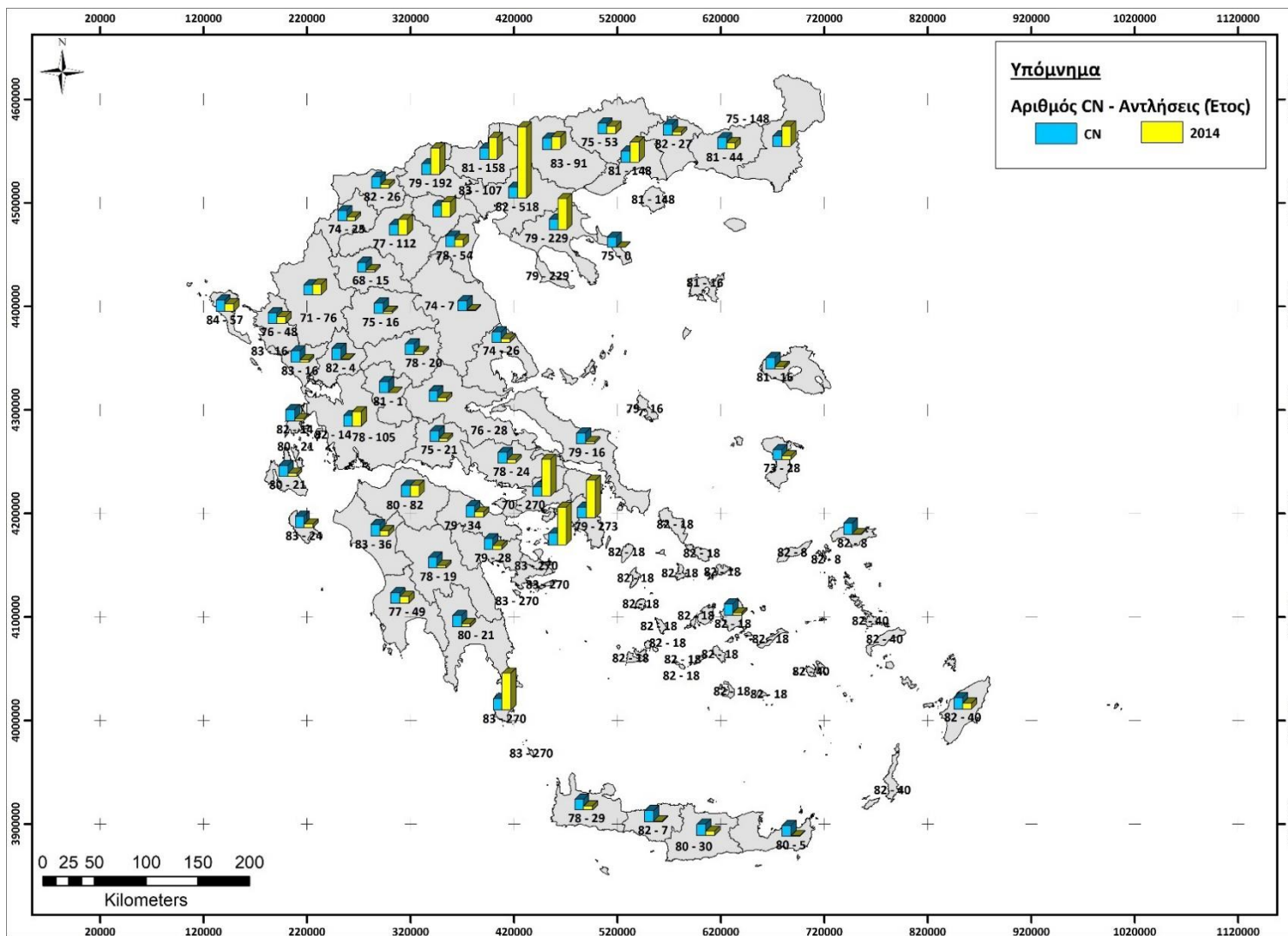
Εικόνα Π12: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2011 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



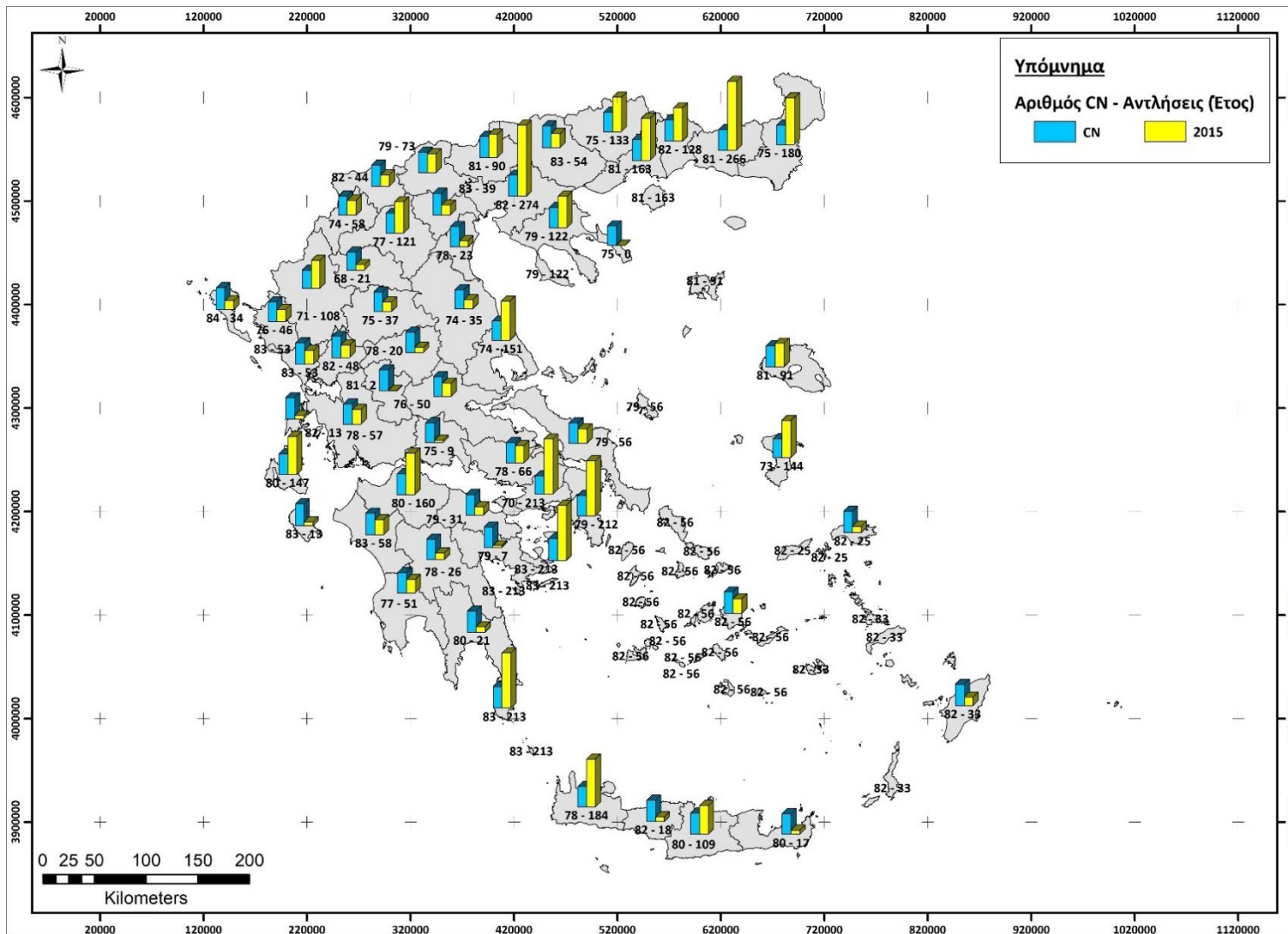


Εικόνα Π13: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2012 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό

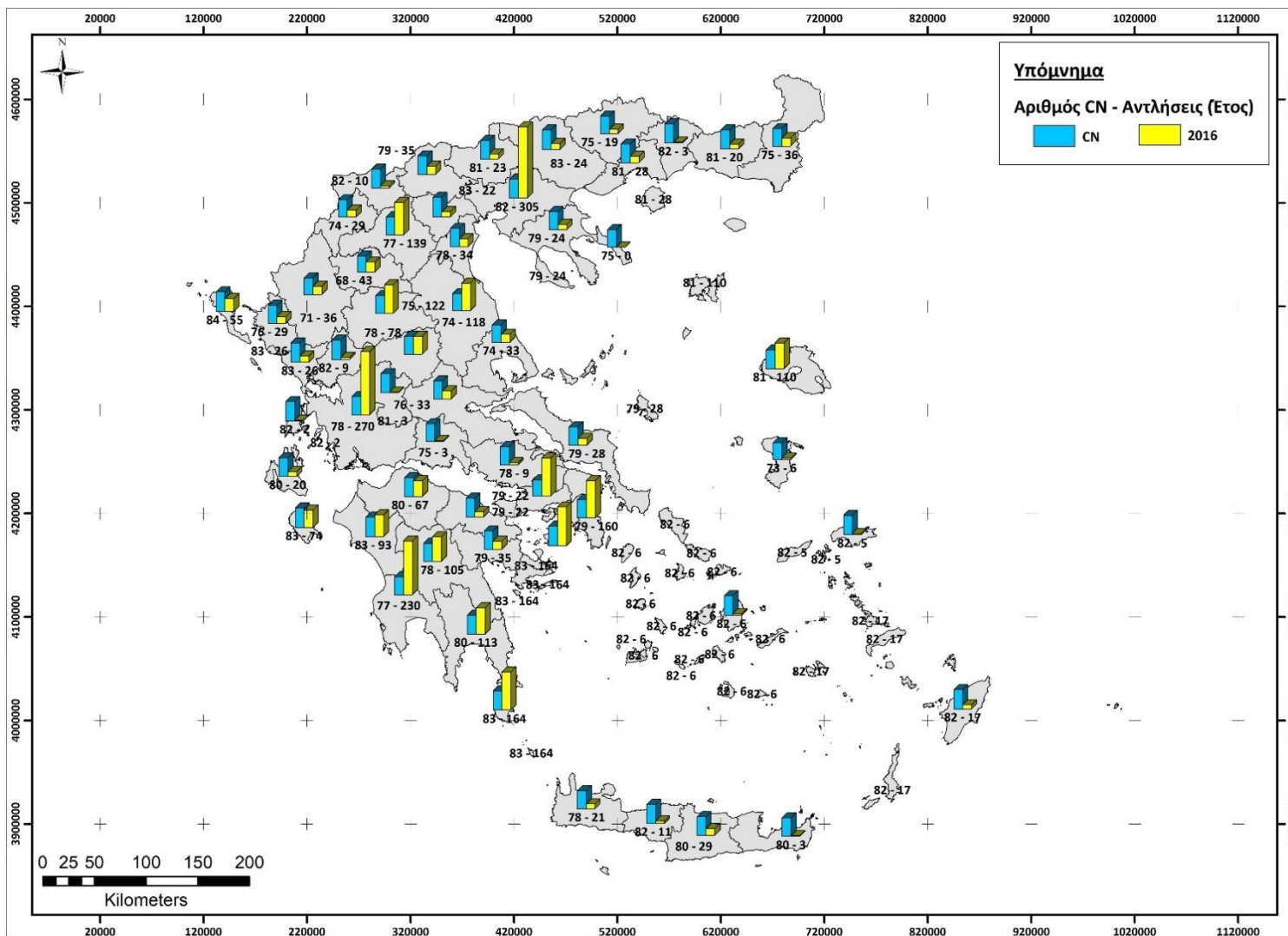




Εικόνα Π15: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2014 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



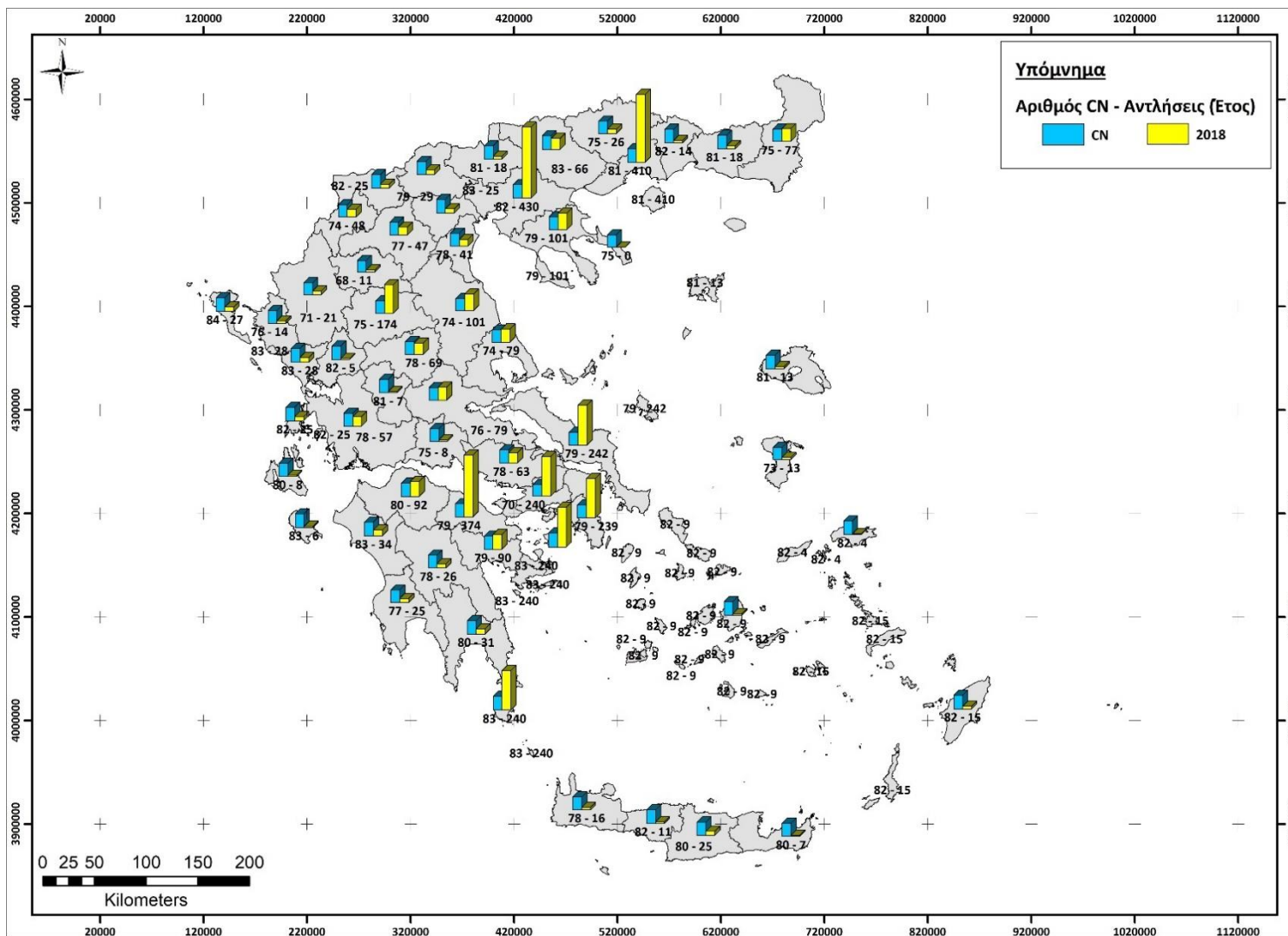
Εικόνα Π16: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2015 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



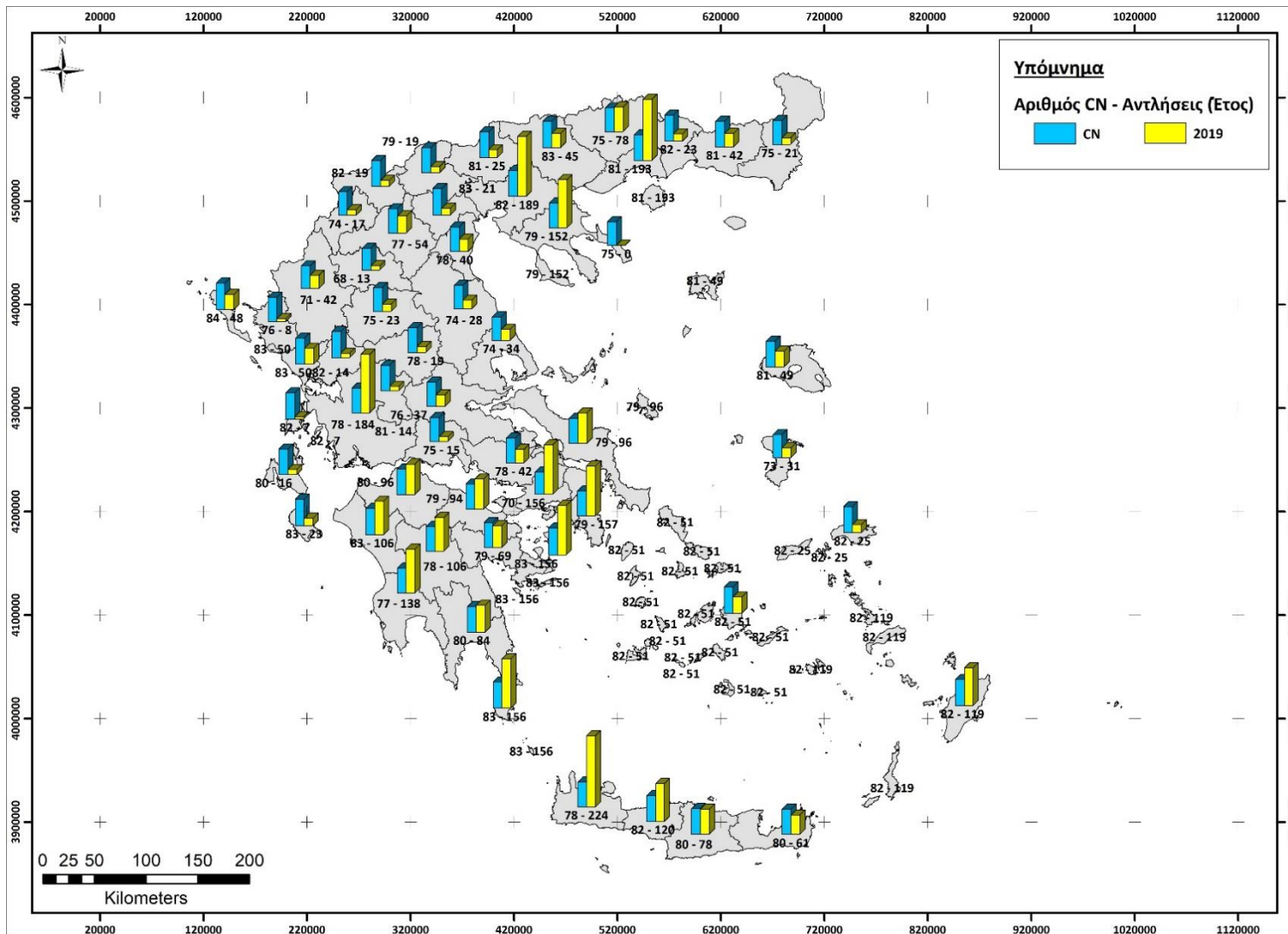
Εικόνα Π17: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2016 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό







Εικόνα Π19: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2018 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό



Εικόνα Π20: Χάρτης με τις αντλήσεις για το 2019 και μία μέση τιμή του αριθμού καμπύλης απορροής CN ανά νομό







Παράρτημα Πινάκων

Πίνακας Α1: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2001

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	79
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	14
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	26
ΑΡΤΑΣ	10
ΑΤΤΙΚΗΣ	877
ΑΧΑΙΑΣ	264
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	130
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	12
ΔΡΑΜΑΣ	87
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	58
ΕΒΡΟΥ	65
ΕΥΒΟΙΑΣ	137
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	8
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	7
ΗΛΕΙΑΣ	65
ΗΜΑΘΙΑΣ	40

ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	58
ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	5
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	269
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	16
ΚΑΒΑΛΑΣ	80
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	21
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	26
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	18
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	29
ΚΙΛΚΙΣ	37
ΚΟΖΑΝΗΣ	71
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	42
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	34
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	22
ΛΑΡΙΣΑΣ	40
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	28
ΛΕΣΒΟΥ	68
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	6
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	53

ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	28
ΞΑΝΘΗΣ	16
ΠΕΛΛΑΣ	26
ΠΙΕΡΙΑΣ	29
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	19
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	36
ΡΟΔΟΠΗΣ	5
ΣΑΜΟΥ	96
ΣΕΡΡΩΝ	48
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	26
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	29
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	14
ΦΩΚΙΔΟΣ	19
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	29
ΧΑΝΙΩΝ	118
ΧΙΟΥ	12

Πίνακας Α2: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2002

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	166
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	31
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	44
ΑΡΤΑΣ	34
ΑΤΤΙΚΗΣ	2925
ΑΧΑΙΑΣ	178
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	128
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	31
ΔΡΑΜΑΣ	182
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	76
ΕΒΡΟΥ	177
ΕΥΒΟΙΑΣ	149
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	11
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	46
ΗΛΕΙΑΣ	39
ΗΜΑΘΙΑΣ	174
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	101

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	40
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	569
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	130
ΚΑΒΑΛΑΣ	543
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	64
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	117
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	92
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	22
ΚΙΛΚΙΣ	65
ΚΟΖΑΝΗΣ	112
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	27
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	37
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	36
ΛΑΡΙΣΑΣ	76
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	44
ΛΕΣΒΟΥ	110
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	115
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	80
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	61

ΞΑΝΘΗΣ	108
ΠΕΛΛΑΣ	173
ΠΙΕΡΙΑΣ	278
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	51
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	68
ΡΟΔΟΠΗΣ	77
ΣΑΜΟΥ	22
ΣΕΡΡΩΝ	163
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	56
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	144
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	41
ΦΩΚΙΔΟΣ	15
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	206
ΧΑΝΙΩΝ	31
ΧΙΟΥ	106



Πίνακας Α3: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2003

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	74
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	156
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	238
ΑΡΤΑΣ	91
ΑΤΤΙΚΗΣ	1460
ΑΧΑΙΑΣ	156
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	350
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	9
ΔΡΑΜΑΣ	42
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	114
ΕΒΡΟΥ	91
ΕΥΒΟΙΑΣ	124
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	32
ΗΛΕΙΑΣ	97
ΗΜΑΘΙΑΣ	35
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	75

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	135
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	421
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	61
ΚΑΒΑΛΑΣ	81
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	168
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	51
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	56
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	20
ΚΙΛΚΙΣ	56
ΚΟΖΑΝΗΣ	104
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	46
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	324
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	134
ΛΑΡΙΣΑΣ	55
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	60
ΛΕΣΒΟΥ	48
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	23
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	107
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	118

ΞΑΝΘΗΣ	23
ΠΕΛΛΑΣ	68
ΠΙΕΡΙΑΣ	40
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	31
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	48
ΡΟΔΟΠΗΣ	23
ΣΑΜΟΥ	48
ΣΕΡΡΩΝ	45
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	74
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	61
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	34
ΦΩΚΙΔΟΣ	18
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	41
ΧΑΝΙΩΝ	83
ΧΙΟΥ	51

Πίνακας Α4: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2004

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	28
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	9
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	13
ΑΡΤΑΣ	28
ΑΤΤΙΚΗΣ	1011
ΑΧΑΙΑΣ	71
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	35
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	10
ΔΡΑΜΑΣ	67
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	49
ΕΒΡΟΥ	46
ΕΥΒΟΙΑΣ	33
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	6
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	15
ΗΛΕΙΑΣ	58
ΗΜΑΘΙΑΣ	23
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	58

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	8
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	494
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	44
ΚΑΒΑΛΑΣ	92
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	24
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	33
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	28
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	7
ΚΙΛΚΙΣ	32
ΚΟΖΑΝΗΣ	71
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	28
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	50
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	6
ΛΑΡΙΣΑΣ	27
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	51
ΛΕΣΒΟΥ	107
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	11
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	30
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	31

ΞΑΝΘΗΣ	19
ΠΕΛΛΑΣ	37
ΠΙΕΡΙΑΣ	160
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	14
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	10
ΡΟΔΟΠΗΣ	15
ΣΑΜΟΥ	21
ΣΕΡΡΩΝ	100
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	11
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	14
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	14
ΦΩΚΙΔΟΣ	11
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	34
ΧΑΝΙΩΝ	62
ΧΙΟΥ	40

Πίνακας Α5: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2005

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	114
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	33
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	50
ΑΡΤΑΣ	11
ΑΤΤΙΚΗΣ	1108
ΑΧΑΙΑΣ	127
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	34
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	15
ΔΡΑΜΑΣ	68
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	19
ΕΒΡΟΥ	133
ΕΥΒΟΙΑΣ	172
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	11
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	9
ΗΛΕΙΑΣ	76
ΗΜΑΘΙΑΣ	15
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	53

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	28
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	401
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	61
ΚΑΒΑΛΑΣ	286
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	26
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	14
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	33
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	11
ΚΙΛΚΙΣ	14
ΚΟΖΑΝΗΣ	87
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	35
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	18
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	98
ΛΑΡΙΣΑΣ	65
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	11
ΛΕΣΒΟΥ	93
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	17
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	28
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	47



ΞΑΝΘΗΣ	105
ΠΕΛΛΑΣ	52
ΠΙΕΡΙΑΣ	18
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	43
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	11
ΡΟΔΟΠΗΣ	94
ΣΑΜΟΥ	25
ΣΕΡΡΩΝ	71
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	21
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	27
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	17
ΦΩΚΙΔΟΣ	17
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	148
ΧΑΝΙΩΝ	14
ΧΙΟΥ	36

Πίνακας Α6: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2006

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	76
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	12
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	22
ΑΡΤΑΣ	28
ΑΤΤΙΚΗΣ	658
ΑΧΑΙΑΣ	89
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	44
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	50
ΔΡΑΜΑΣ	81
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	29
ΕΒΡΟΥ	190
ΕΥΒΟΙΑΣ	144
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	5
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	16
ΗΛΕΙΑΣ	30
ΗΜΑΘΙΑΣ	28
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	90

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	26
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	515
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	29
ΚΑΒΑΛΑΣ	171
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	38
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	22
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	40
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	9
ΚΙΛΚΙΣ	60
ΚΟΖΑΝΗΣ	70
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	25
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	37
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	23
ΛΑΡΙΣΑΣ	70
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	13
ΛΕΣΒΟΥ	17
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	23
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	177
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	45

ΞΑΝΘΗΣ	27
ΠΕΛΛΑΣ	60
ΠΙΕΡΙΑΣ	56
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	155
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	49
ΡΟΔΟΠΗΣ	81
ΣΑΜΟΥ	6
ΣΕΡΡΩΝ	58
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	22
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	91
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	29
ΦΩΚΙΔΟΣ	24
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	102
ΧΑΝΙΩΝ	123
ΧΙΟΥ	33

Πίνακας Α7: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2007

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	71
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	11
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	33
ΑΡΤΑΣ	17
ΑΤΤΙΚΗΣ	634
ΑΧΑΙΑΣ	83
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	15
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	7
ΔΡΑΜΑΣ	67
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	21
ΕΒΡΟΥ	100
ΕΥΒΟΙΑΣ	17
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	9
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	17
ΗΛΕΙΑΣ	23
ΗΜΑΘΙΑΣ	17
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	40

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	13
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	260
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	28
ΚΑΒΑΛΑΣ	136
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	13
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	16
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	13
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	1
ΚΙΛΚΙΣ	13
ΚΟΖΑΝΗΣ	69
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	36
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	22
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	16
ΛΑΡΙΣΑΣ	32
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	31
ΛΕΣΒΟΥ	5
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	4
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	17
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	15

ΞΑΝΘΗΣ	28
ΠΕΛΛΑΣ	37
ΠΙΕΡΙΑΣ	36
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	15
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	33
ΡΟΔΟΠΗΣ	196
ΣΑΜΟΥ	21
ΣΕΡΡΩΝ	99
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	25
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	17
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	15
ΦΩΚΙΔΟΣ	19
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	28
ΧΑΝΙΩΝ	16
ΧΙΟΥ	26

Πίνακας Α8: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2008

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	45
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	11
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	11
ΑΡΤΑΣ	41
ΑΤΤΙΚΗΣ	450
ΑΧΑΙΑΣ	55
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	40
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	16
ΔΡΑΜΑΣ	24
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	50
ΕΒΡΟΥ	19
ΕΥΒΟΙΑΣ	20
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	5
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	13
ΗΛΕΙΑΣ	20
ΗΜΑΘΙΑΣ	35
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	19



ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	41
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	148
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	16
ΚΑΒΑΛΑΣ	24
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	20
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	14
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	16
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	2
ΚΙΛΚΙΣ	17
ΚΟΖΑΝΗΣ	44
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	31
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	40
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	38
ΛΑΡΙΣΑΣ	27
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	19
ΛΕΣΒΟΥ	1
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	8
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	79
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	40

ΞΑΝΘΗΣ	8
ΠΕΛΛΑΣ	46
ΠΙΕΡΙΑΣ	93
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	28
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	8
ΡΟΔΟΠΗΣ	10
ΣΑΜΟΥ	6
ΣΕΡΡΩΝ	53
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	15
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	14
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	12
ΦΩΚΙΔΟΣ	8
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	38
ΧΑΝΙΩΝ	25
ΧΙΟΥ	13

Πίνακας Α9: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2009

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	150
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	37
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	31
ΑΡΤΑΣ	12
ΑΤΤΙΚΗΣ	552
ΑΧΑΙΑΣ	106
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	66
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	37
ΔΡΑΜΑΣ	46
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	46
ΕΒΡΟΥ	74
ΕΥΒΟΙΑΣ	298
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	5
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	23
ΗΛΕΙΑΣ	111
ΗΜΑΘΙΑΣ	103
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	49

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	39
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	304
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	61
ΚΑΒΑΛΑΣ	48
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	38
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	65
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	59
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	5
ΚΙΛΚΙΣ	50
ΚΟΖΑΝΗΣ	110
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	29
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	20
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	27
ΛΑΡΙΣΑΣ	139
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	37
ΛΕΣΒΟΥ	9
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	10
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	41
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	84

ΞΑΝΘΗΣ	12
ΠΕΛΛΑΣ	83
ΠΙΕΡΙΑΣ	56
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	84
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	41
ΡΟΔΟΠΗΣ	17
ΣΑΜΟΥ	12
ΣΕΡΡΩΝ	70
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	18
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	66
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	8
ΦΩΚΙΔΟΣ	12
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	113
ΧΑΝΙΩΝ	22
ΧΙΟΥ	50

Πίνακας Α10: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2010

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	53
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	48
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	24
ΑΡΤΑΣ	38
ΑΤΤΙΚΗΣ	617
ΑΧΑΙΑΣ	95
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	17
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	26
ΔΡΑΜΑΣ	48
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	51
ΕΒΡΟΥ	100
ΕΥΒΟΙΑΣ	37
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	1
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	6
ΗΛΕΙΑΣ	46
ΗΜΑΘΙΑΣ	33
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	74

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	70
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	299
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	330
ΚΑΒΑΛΑΣ	201
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	61
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	118
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	172
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	4
ΚΙΛΚΙΣ	88
ΚΟΖΑΝΗΣ	102
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	47
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	19
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	26
ΛΑΡΙΣΑΣ	21
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	26
ΛΕΣΒΟΥ	102
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	20
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	35
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	23

ΞΑΝΘΗΣ	40
ΠΕΛΛΑΣ	74
ΠΙΕΡΙΑΣ	28
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	68
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	43
ΡΟΔΟΠΗΣ	16
ΣΑΜΟΥ	31
ΣΕΡΡΩΝ	49
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	138
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	54
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	40
ΦΩΚΙΔΟΣ	15
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	234
ΧΑΝΙΩΝ	36
ΧΙΟΥ	190



Πίνακας Α11: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2011

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	40
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	12
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	30
ΑΡΤΑΣ	12
ΑΤΤΙΚΗΣ	757
ΑΧΑΙΑΣ	51
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	84
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	12
ΔΡΑΜΑΣ	14
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	268
ΕΒΡΟΥ	33
ΕΥΒΟΙΑΣ	53
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	-
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	25
ΗΛΕΙΑΣ	48
ΗΜΑΘΙΑΣ	84
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	28

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	8
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	222
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	23
ΚΑΒΑΛΑΣ	13
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	83
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	9
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	9
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	19
ΚΙΛΚΙΣ	21
ΚΟΖΑΝΗΣ	54
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	21
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	51
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	23
ΛΑΡΙΣΑΣ	10
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	10
ΛΕΣΒΟΥ	62
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	5
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	20
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	79

ΞΑΝΘΗΣ	5
ΠΕΛΛΑΣ	105
ΠΙΕΡΙΑΣ	37
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	8
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	9
ΡΟΔΟΠΗΣ	37
ΣΑΜΟΥ	14
ΣΕΡΡΩΝ	49
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	27
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	47
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	7
ΦΩΚΙΔΟΣ	5
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	200
ΧΑΝΙΩΝ	36
ΧΙΟΥ	30

Πίνακας Α12: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2012

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	48
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	9
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	138
ΑΡΤΑΣ	52
ΑΤΤΙΚΗΣ	647
ΑΧΑΙΑΣ	202
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	71
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	17
ΔΡΑΜΑΣ	44
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	49
ΕΒΡΟΥ	54
ΕΥΒΟΙΑΣ	51
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	2
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	21
ΗΛΕΙΑΣ	145
ΗΜΑΘΙΑΣ	21
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	47

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	23
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	115
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	101
ΚΑΒΑΛΑΣ	37
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	78
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	14
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	16
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	25
ΚΙΛΚΙΣ	16
ΚΟΖΑΝΗΣ	78
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	17
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	15
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	12
ΛΑΡΙΣΑΣ	85
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	9
ΛΕΣΒΟΥ	76
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	16
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	37
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	22

ΞΑΝΘΗΣ	52
ΠΕΛΛΑΣ	32
ΠΙΕΡΙΑΣ	60
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	85
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	10
ΡΟΔΟΠΗΣ	76
ΣΑΜΟΥ	7
ΣΕΡΡΩΝ	53
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	29
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	44
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	31
ΦΩΚΙΔΟΣ	9
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	43
ΧΑΝΙΩΝ	43
ΧΙΟΥ	13

Πίνακας Α13: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2013

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	85
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	110
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	79
ΑΡΤΑΣ	20
ΑΤΤΙΚΗΣ	1509
ΑΧΑΙΑΣ	176
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	51
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	6
ΔΡΑΜΑΣ	26
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	178
ΕΒΡΟΥ	98
ΕΥΒΟΙΑΣ	38
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	1
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	13
ΗΛΕΙΑΣ	86
ΗΜΑΘΙΑΣ	130
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	25

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	8
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	133
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	36
ΚΑΒΑΛΑΣ	35
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	19
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	58
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	22
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	27
ΚΙΛΚΙΣ	12
ΚΟΖΑΝΗΣ	83
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	110
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	13
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	44
ΛΑΡΙΣΑΣ	5
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	6
ΛΕΣΒΟΥ	28
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	18
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	23
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	61



ΞΑΝΘΗΣ	17
ΠΕΛΛΑΣ	74
ΠΙΕΡΙΑΣ	20
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	52
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	8
ΡΟΔΟΠΗΣ	26
ΣΑΜΟΥ	12
ΣΕΡΡΩΝ	51
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	25
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	51
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	36
ΦΩΚΙΔΟΣ	7
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	18
ΧΑΝΙΩΝ	36
ΧΙΟΥ	8

Πίνακας Α14: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2014

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	105
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	28
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	19
ΑΡΤΑΣ	4
ΑΤΤΙΚΗΣ	1088
ΑΧΑΙΑΣ	82
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	24
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	15
ΔΡΑΜΑΣ	53
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	40
ΕΒΡΟΥ	148
ΕΥΒΟΙΑΣ	16
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	1
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	24
ΗΛΕΙΑΣ	36
ΗΜΑΘΙΑΣ	107
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	30

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	48
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	518
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	76
ΚΑΒΑΛΑΣ	148
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	20
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	25
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	57
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	21
ΚΙΛΚΙΣ	158
ΚΟΖΑΝΗΣ	112
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	34
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	18
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	21
ΛΑΡΙΣΑΣ	7
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	5
ΛΕΣΒΟΥ	16
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	14
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	26
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	49

ΞΑΝΘΗΣ	27
ΠΕΛΛΑΣ	192
ΠΙΕΡΙΑΣ	54
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	16
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	7
ΡΟΔΟΠΗΣ	44
ΣΑΜΟΥ	8
ΣΕΡΡΩΝ	91
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	16
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	28
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	26
ΦΩΚΙΔΟΣ	21
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	229
ΧΑΝΙΩΝ	29
ΧΙΟΥ	28

Πίνακας Α15: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2015

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	57
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	7
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	26
ΑΡΤΑΣ	48
ΑΤΤΙΚΗΣ	851
ΑΧΑΙΑΣ	160
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	66
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	21
ΔΡΑΜΑΣ	133
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	33
ΕΒΡΟΥ	180
ΕΥΒΟΙΑΣ	56
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	2
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	13
ΗΛΕΙΑΣ	58
ΗΜΑΘΙΑΣ	39
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	109

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	46
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	274
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	108
ΚΑΒΑΛΑΣ	163
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	20
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	58
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	34
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	147
ΚΙΛΚΙΣ	90
ΚΟΖΑΝΗΣ	121
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	31
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	56
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	21
ΛΑΡΙΣΑΣ	35
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	17
ΛΕΣΒΟΥ	91
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	13
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	151
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	51

ΞΑΝΘΗΣ	128
ΠΕΛΛΑΣ	73
ΠΙΕΡΙΑΣ	23
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	53
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	18
ΡΟΔΟΠΗΣ	266
ΣΑΜΟΥ	25
ΣΕΡΡΩΝ	54
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	37
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	50
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	44
ΦΩΚΙΔΟΣ	9
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	122
ΧΑΝΙΩΝ	184
ΧΙΟΥ	144

Πίνακας Α16: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2016

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	270
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	35
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	105
ΑΡΤΑΣ	9
ΑΤΤΙΚΗΣ	656
ΑΧΑΙΑΣ	67
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	9
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	43
ΔΡΑΜΑΣ	19
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	17
ΕΒΡΟΥ	36
ΕΥΒΟΙΑΣ	28
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	3
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	74
ΗΛΕΙΑΣ	93
ΗΜΑΘΙΑΣ	22
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	29



ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	29
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	305
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	36
ΚΑΒΑΛΑΣ	28
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	78
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	29
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	55
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	20
ΚΙΛΚΙΣ	23
ΚΟΖΑΝΗΣ	139
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	22
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	6
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	113
ΛΑΡΙΣΑΣ	118
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3
ΛΕΣΒΟΥ	110
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	2
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	33
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	230

ΞΑΝΘΗΣ	3
ΠΕΛΛΑΣ	35
ΠΙΕΡΙΑΣ	34
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	26
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	11
ΡΟΔΟΠΗΣ	20
ΣΑΜΟΥ	5
ΣΕΡΡΩΝ	24
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	122
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	33
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	10
ΦΩΚΙΔΟΣ	3
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	24
ΧΑΝΙΩΝ	21
ΧΙΟΥ	6

Πίνακας Α17: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2017

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	213
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	10
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	14
ΑΡΤΑΣ	2
ΑΤΤΙΚΗΣ	831
ΑΧΑΙΑΣ	57
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	32
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	33
ΔΡΑΜΑΣ	18
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	48
ΕΒΡΟΥ	85
ΕΥΒΟΙΑΣ	39
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	5
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	9
ΗΛΕΙΑΣ	26
ΗΜΑΘΙΑΣ	89
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	25

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	47
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	164
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	21
ΚΑΒΑΛΑΣ	30
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	26
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	23
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	40
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	8
ΚΙΛΚΙΣ	45
ΚΟΖΑΝΗΣ	153
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	30
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	25
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	27
ΛΑΡΙΣΑΣ	71
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	7
ΛΕΣΒΟΥ	36
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	36
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	39
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	26

ΞΑΝΘΗΣ	8
ΠΕΛΛΑΣ	71
ΠΙΕΡΙΑΣ	241
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	31
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	21
ΡΟΔΟΠΗΣ	32
ΣΑΜΟΥ	7
ΣΕΡΡΩΝ	42
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	80
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	23
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	20
ΦΩΚΙΔΟΣ	11
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	69
ΧΑΝΙΩΝ	189
ΧΙΟΥ	9

Πίνακας Α18: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2018

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	57
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	90
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	26
ΑΡΤΑΣ	5
ΑΤΤΙΚΗΣ	959
ΑΧΑΙΑΣ	92
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	63
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	11
ΔΡΑΜΑΣ	26
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	15
ΕΒΡΟΥ	77
ΕΥΒΟΙΑΣ	242
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	7
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	6
ΗΛΕΙΑΣ	34
ΗΜΑΘΙΑΣ	25
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	25

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	14
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	430
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	21
ΚΑΒΑΛΑΣ	410
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	69
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	48
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	27
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	8
ΚΙΛΚΙΣ	18
ΚΟΖΑΝΗΣ	47
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	374
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	9
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	31
ΛΑΡΙΣΑΣ	101
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	7
ΛΕΣΒΟΥ	13
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	25
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	79
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	25

ΞΑΝΘΗΣ	14
ΠΕΛΛΑΣ	29
ΠΙΕΡΙΑΣ	41
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	28
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	11
ΡΟΔΟΠΗΣ	18
ΣΑΜΟΥ	4
ΣΕΡΡΩΝ	66
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	174
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	79
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	25
ΦΩΚΙΔΟΣ	8
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	101
ΧΑΝΙΩΝ	16
ΧΙΟΥ	13



Πίνακας Α19: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2019

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	184
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	69
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	106
ΑΡΤΑΣ	14
ΑΤΤΙΚΗΣ	625
ΑΧΑΙΑΣ	96
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	42
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	13
ΔΡΑΜΑΣ	78
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	119
ΕΒΡΟΥ	21
ΕΥΒΟΙΑΣ	96
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	14
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	23
ΗΛΕΙΑΣ	106
ΗΜΑΘΙΑΣ	21
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	78

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	8
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	189
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	42
ΚΑΒΑΛΑΣ	193
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	19
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	17
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	48
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	16
ΚΙΛΚΙΣ	25
ΚΟΖΑΝΗΣ	54
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	94
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	51
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	84
ΛΑΡΙΣΑΣ	28
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	61
ΛΕΣΒΟΥ	49
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	7
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	34
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	138

ΞΑΝΘΗΣ	23
ΠΕΛΛΑΣ	19
ΠΙΕΡΙΑΣ	40
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	50
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	120
ΡΟΔΟΠΗΣ	42
ΣΑΜΟΥ	25
ΣΕΡΡΩΝ	45
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	23
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	37
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	19
ΦΩΚΙΔΟΣ	15
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	152
ΧΑΝΙΩΝ	224
ΧΙΟΥ	31

Πίνακας Α20: Αντλήσεις Νερού ανά Νομό για το 2020

<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>Αντλήσεις Νερού</b>
ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	67
ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ	14
ΑΡΚΑΔΙΑΣ	13
ΑΡΤΑΣ	13
ΑΤΤΙΚΗΣ	446
ΑΧΑΙΑΣ	50
ΒΟΙΩΤΙΑΣ	106
ΓΡΕΒΕΝΩΝ	8
ΔΡΑΜΑΣ	82
ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ	32
ΕΒΡΟΥ	30
ΕΥΒΟΙΑΣ	529
ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	4
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	19
ΗΛΕΙΑΣ	14
ΗΜΑΘΙΑΣ	29
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	334

ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	2
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	343
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	27
ΚΑΒΑΛΑΣ	47
ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	531
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	22
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	19
ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ	107
ΚΙΛΚΙΣ	23
ΚΟΖΑΝΗΣ	45
ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	44
ΚΥΚΛΑΔΩΝ	12
ΛΑΚΩΝΙΑΣ	4
ΛΑΡΙΣΑΣ	79
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	27
ΛΕΣΒΟΥ	10
ΛΕΥΚΑΔΟΣ	11
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	47
ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	16

ΞΑΝΘΗΣ	3
ΠΕΛΛΑΣ	21
ΠΙΕΡΙΑΣ	51
ΠΡΕΒΕΖΗΣ	2
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	45
ΡΟΔΟΠΗΣ	16
ΣΑΜΟΥ	23
ΣΕΡΡΩΝ	73
ΤΡΙΚΑΛΩΝ	29
ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	122
ΦΛΩΡΙΝΑΣ	27
ΦΩΚΙΔΟΣ	6
ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	47
ΧΑΝΙΩΝ	46
ΧΙΟΥ	46