



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ –
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διπλωματική εργασία:

«Ανάπτυξη διαχειριστικού μοντέλου των υδάτων στο κατάντη τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής»



Φωτογραφία Ν.Δ., 2009

**Τομέας Γεωγραφίας &
Περιφερειακού Σχεδιασμού**

Εκπόνηση εργασίας: Άννα Υφαντή

Επιβλέπουσα: Μαρία Π. Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2024

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία δεν θα ήταν εύκολο να πραγματοποιηθεί χωρίς τη συνεισφορά δεδομένων από την εταιρία **ENVIROPLAN S.A.**, την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά. Εκτός των άλλων, η εμπειρία που απέκτησα ως εργαζόμενη στην εν λόγω εταιρία, λειτούργησε επικουρικά στην απόδοση ενός ολοκληρωμένου αποτελέσματος. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Μαρία Παπαδοπούλου, αναπληρωτή κοσμήτορα της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής, καθηγήτρια του Τομέα Γεωγραφίας & Περιφερειακού Σχεδιασμού και πρόεδρο του Ο.Φ.Υ.Π.Ε.Κ.Α., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναλαμβάνοντας την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας και την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ πάνω σε ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Κούρτη, ο οποίος καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης με καθοδηγούσε και με συμβούλευε με συνέπεια, μεθοδικότητα και επαγγελματισμό. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συνεχή τους στήριξη σε όλη τη διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας και τη συμφοιτήτρια, φίλη και συνοδοιπόρο Αρετή Νούλα, που μαζί ολοκληρώσαμε αυτό το ακαδημαϊκό ταξίδι.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή.....	9
1.1. Σημασία του νερού	9
1.2. Χρήσεις του νερού.....	10
1.3. Η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων.....	11
1.4. Κυριότερα προβλήματα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα.....	12
1.5. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τους Υδατικούς Πόρους	13
1.5.1. Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Water Framework Directive 2000/60).....	13
1.5.2. Οδηγία Πλαίσιο για τις Πλημμύρες (Floods Directive 2007/60).....	14
1.6. Ελληνική Νομοθεσία για τους Υδατικούς Πόρους	14
1.6.1. Νόμος 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000».....	14
1.6.2. Π.Δ. 51/2007 «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων» (ΦΕΚ 54/Α'/2007)	15
1.6.3. ΚΥΑ 140384/11 (ΦΕΚ 2017 Β/9-9-2011) «Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στη λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003»	15
1.7. Αντικείμενο μελέτης	15
1.8. Στόχοι εργασίας	16
1.9. Δομή και οργάνωση εργασίας – διάρθρωση περιεχομένου.....	17
Κεφάλαιο 2 ^ο : Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης	19
2.1. Γεωγραφική θέση – Διοικητική υπαγωγή	19
2.2. Πληθυσμιακά στοιχεία και ανθρωπογενείς δραστηριότητες.....	20
2.3. Γεωλογικά χαρακτηριστικά και γονιμότητα εδάφους.....	23
2.4. Τοπίο και ανάγλυφο	25
2.5. Κλιματικά δεδομένα.....	25
2.6. Υδατικοί πόροι.....	27
2.6.1. Ισχύον καθεστώς Λεκανών Απορροής	27
2.6.2. Συστήματα Επιφανειακών Υδάτων – Τυπολογία	28
2.6.3. Συστήματα Υπόγειων Υδάτων	29
2.6.4. Πηγές.....	29
2.7. Χλωρίδα	30
2.8. Πανίδα.....	32

2.9.	Προστατευόμενες περιοχές	34	
2.10.	Ισχύουσες χωροταξικές, πολεοδομικές και λοιπές ρυθμίσεις – Χρήσεις γης.....	46	
2.11.	Φράγματα ποταμού Νέστου	48	
2.12.	Διακρατική συμφωνία για τα δικαιώματα χρήσης υδάτων Νέστου.....	49	
Κεφάλαιο 3 ^ο : Ανάπτυξη υδρολογικού και διαχειριστικού μοντέλου του ποταμού Νέστου – Διαδικασία επεξεργασίας & προσαρμογής δεδομένων			51
3.1.	Λεκάνη Απορροής Νέστου – Οριοθέτηση υπολεκάνης απορροής	51	
3.2.	Χρήσεις Γης.....	51	
3.3.	Επιφανειακή και Υπόγεια Απορροή.....	53	
3.4.	Εκτίμηση αρδευτικών απολήψεων	53	
3.4.1	Μέθοδος Εκτίμησης Αρδευτικών Αναγκών.....	55	
3.4.2	Εμπειρική μέθοδος εκτίμησης εξατμισοδιαπνοής – Blaney-Criddle	56	
3.4.3	Προσαρμογή Μεθόδου εξατμισοδιαπνοής Blaney-Criddle στην περιοχή μελέτης	58	
3.5.	Εκτίμηση Κτηνοτροφικών Απολήψεων	61	
3.6.	Δεδομένα Ύδρευσης	62	
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μοντελοποίηση του Υδατικού Συστήματος με τη χρήση του WEAP 21			63
4.1.	Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων	63	
4.2.	Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων – WEAP 21	64	
4.3.	Προσαρμογή του μοντέλου στην περιοχή μελέτης.....	65	
4.3.1	Υδρογραφικό δίκτυο.....	66	
4.3.2	Διαχειριστικές λεκάνες.....	67	
4.3.3	Κόμβος προσφοράς νερού – υπόγειου υδροφορέα	68	
4.3.4	Κόμβοι ζήτησης νερού	69	
4.3.5	Συνδέσεις μεταφοράς νερού	70	
4.4.	Αποτελέσματα Υδατικού Μοντέλου	71	
4.4.1	Ζήτηση Νερού	71	
4.4.2	Απαίτηση Παροχής Νερού	74	
4.4.3	Βροχόπτωση	74	
4.4.4	Εισροές και εκροές συστήματος	75	
Κεφάλαιο 5 ^ο : Μοντελοποίηση κλιματικών προβλέψεων με βάση τα κλιματικά σενάρια & συμπερίληψη προγράμματος αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ			77
5.1.	Κλιματικά Μοντέλα.....	77	
5.1.1	Γενικά.....	77	
5.1.2	Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα (GCM).....	77	
5.1.3	Διαδικασία αποκλιμάκωσης (Down-scaling).....	78	
5.1.4	Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models-RCM's)	79	

5.2.	Κλιματικά Σενάρια.....	80
5.2.1	Ορισμός	80
5.2.2	Οικογένειες Σεναρίων A & B.....	81
5.2.3	Σενάρια Αντιπροσωπευτικών Πορειών Συγκέντρωσης θερμοκηπιακών αερίων – RCPs	82
5.3.	Επεξεργασία κλιματικών δεδομένων	84
5.3.1.	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	85
5.3.2.	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	88
5.3.3.	Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής και εισαγωγή στο μοντέλο.....	91
5.4.	Αποτελέσματα Κλιματικών Σεναρίων	93
5.4.1.	Βροχόπτωση	93
5.4.2.	Ζήτηση Νερού	94
5.4.3.	Εισροές και εκροές συστήματος	96
5.5.	Πρόγραμμα αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ: «Μεταφορά και διανομή νερού από τον ποταμό Νέστο στην πεδιάδα της Ξάνθης για Αρδευτικούς σκοπούς»	98
Κεφάλαιο 6ο:	Σύνοψη και Συμπεράσματα	104
	Ξένη Βιβλιογραφία:.....	107
	Ελληνική Βιβλιογραφία:.....	108
	Διαδικτυακές Πηγές:	110
Παράρτημα Πινάκων.....		112
Παράρτημα Χαρτών.....		0

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΗΜΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 2:ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ.....	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΠΟΤΑΜΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ (EL1207)..	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 4:ΛΙΜΝΑΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ (EL1207)....	28
ΠΙΝΑΚΑΣ 5:ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ (EL1207)	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ (EL1207).	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 7:ΥΠΟΓΕΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΝΕΣΤΟΥ	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 8:ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΚΩΔΙΚΩΝ CORINE LAND COVER.....	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 9:ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 10:ΜΗΝΙΑΙΟΙ ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚC ΚΑΤΑ FAO-24 (ALLEN ET AL., 1998)	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 11:ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 12:ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ BLANEY-CRIDDLE/ ΩΦΕΛΙΜΗ ΕΝΕΡΓΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΨΕΩΝ ΣΕ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 16: ΣΥΝΟΛΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΛΗΨΕΩΝ.....	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 17: ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ (M3).....	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C) ΓΙΑ ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ RCP	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 19: ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (ΜΜ) ΓΙΑ ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ RCP	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 20: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP2.6	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 21:ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP8.5	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 22: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP2.6.....	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 23: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP8.5.....	93
ΠΙΝΑΚΑΣ 24: ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	994
ΠΙΝΑΚΑΣ 25: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΝΕΡΟΥ ΕΙΣΡΟΗΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΤΟΥ ΣΔΙΤ.....	100

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά στη διαχείριση υδατικών πόρων για τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου, εντός του Υδατικού Διαμερίσματος (EL12) της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης. Η ευρύτερη περιοχή επιλέχθηκε λόγω του ιδιαίτερου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει. Παράλληλα, η αναπτυγμένη ανθρωπογενής δραστηριότητα, με τις εκτεταμένες γεωργικές εκτάσεις του Δέλτα, ορίζει την αναγκαιότητα προσαρμογής της περιοχής σε ένα δίκτυο διαχείρισης των υδάτων του ποταμού. Για το σκοπό αυτό, συλλέχθηκαν τα δεδομένα κατανάλωσης νερού για τις ανταγωνιστικές χρήσεις γης και πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων της περιοχής, με σκοπό τη μοντελοποίηση του υδατικού συστήματος. Για τη δημιουργία του υδατικού μοντέλου επιλέχθηκε το Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων WEAP21, ένα χρήσιμο και φιλικό προς το χρήστη εργαλείο λογισμικού, που προσφέρει τη δυνατότητα ολοκληρωμένης προσέγγισης στο σχεδιασμό και τη διαχείριση υδατικών πόρων. Τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης έδειξαν ότι οι απολήψεις νερού ξεπερνούν τα 230 Mm³, με το 97% να αποδίδεται στη γεωργική δραστηριότητα. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των Παγκόσμιων και Περιοχικών Κλιματικών Μοντέλων και των Σεναρίων Αντιπροσωπευτικών Πορειών Συγκέντρωσης Αερίων του Θερμοκηπίου (RCPs). Από τα τελευταία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν τα RCP2.6 & RCP8.5, ως αντιπροσωπευτικά των δύο ακραίων συνθηκών συγκέντρωσης θερμοκηπιακών αερίων, για τα οποία συλλέχθηκαν κλιματικά δεδομένα. Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών και η εισαγωγή τους στο περιβάλλον του WEAP21, έδωσε τη δυνατότητα διεξαγωγής σημαντικών συμπερασμάτων για την απαίτηση νερού προς κατανάλωση, για δύο ενδεχόμενα μελλοντικά κλιματικά σενάρια. Το αισιόδοξο σενάριο RCP2.6 απέδωσε συνολικές απολήψεις της τάξης των 224 Mm³ περίπου, ενώ στο σενάριο RCP8.5 η ζήτηση νερού ήταν αυξημένη κατά 12 Mm³ περίπου από ό,τι στο σενάριο αναφοράς.

Abstract

This paper addresses the topic of water resources management for part of the catchment area of river Nestos, within the Water Region (EL12) of the Region of Eastern Macedonia - Thrace. The general area was chosen because of its particular environmental interest. At the same time, the developed anthropogenic activity, with the extensive agricultural areas of Delta, defines the necessity of adapting the area to a river water management network. For this purpose, water consumption data for the competing land uses were collected and the climatic data of the region were processed in order to create a model of the water system. The WEAP21 Decision Support System, a useful and user-friendly software tool that offers the possibility of an integrated approach to water resources planning and management, was selected to create the water model. The modelling results showed that water withdrawals exceed 230 Mm³, with 97% of it being attributed to agricultural activity. Subsequently, the analysis of the Global and Regional Climate Models and the Representative Greenhouse Gas Concentration Scenarios (RCPs) was carried out. Of the latter, RCP2.6 & RCP8.5 were selected to be used as representative of the two extreme greenhouse gas concentration conditions, for which climate data were collected. The processing of these data and their import into the WEAP21 software has enabled important conclusions to be made, regarding the water demand for consumption of two possible future climate scenarios. The optimistic scenario RCP2.6 yielded total withdrawals of about 224 Mm³, while in the RCP8.5 scenario water demand was increased by about 12 Mm³ compared to the reference scenario.

Κεφάλαιο 1^ο: Εισαγωγή

1.1. Σημασία του νερού

Το νερό αποτελεί προϋπόθεση για την ύπαρξη κάθε ζωντανού οργανισμού. Συναντάται παντού, από την ατμόσφαιρα, μέχρι τις παγωμένες εκτάσεις των πόλων και το υπέδαφος. Είναι σημαντικός παράγοντας για τη ρύθμιση του κλίματος και την ισορροπία του περιβάλλοντος, καθώς η παρουσία του στην ατμόσφαιρα διατηρεί την εξισορρόπηση μεταξύ θερμοκρασίας και υγρασίας, ενώ η ροή του κύκλου του βοηθάει στην ρύθμιση των κλιματικών συνθηκών. Ακόμα, το νερό διατηρεί και προφυλάσσει τα οικοσυστήματα, αφού από αυτό εξαρτώνται η χλωρίδα και η πανίδα, ενώ παράλληλα αποτελεί αγαθό ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη ζωή.

Μια από τις σημαντικότερες ιδιότητές του αφορά στο γεγονός ότι εμφανίζεται στην φύση και στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Σύμφωνα με το National Geographic (Κύκλος του νερού), το νερό σε στερεή μορφή υπάρχει στον πλανήτη με τη μορφή πάγου, χιονιού ή, σε μόνιμη κατάσταση, παγετώνα και παγόβουνου, σε ποσοστό που καταλαμβάνει το 2% του συνολικού νερού στον πλανήτη. Παράλληλα, μόλις το 0,02% του νερού υπάρχει στον πλανήτη με τη μορφή υδρατμών, ενώ σε μεγαλύτερο ποσοστό, της τάξης του 98% περίπου, βρίσκεται στον πλανήτη σε υγρή κατάσταση, σε ωκεανούς, θάλασσες, ποτάμια, λίμνες και υπόγεια ύδατα. Ακόμα μια κατηγοριοποίηση της φύσης του νερού μπορεί να πραγματοποιηθεί με γνώμονα την περιεκτικότητά του σε άλατα και χλωριούχο νάτριο. Από το συνολικό νερό που υπάρχει στον πλανήτη, μόλις το 2,6% είναι γλυκό νερό.

Επιπλέον, το νερό χαρακτηρίζεται από τις ιδιαίτερες διαλυτικές του ιδιότητες, που συνδέονται άρρηκτα με τις βιολογικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών. Στην ανάπτυξη των φυτών έχει χαρακτηριστικό ρόλο, διαλύοντας τα άλατα που υπάρχουν στο έδαφος και επιτρέποντας την πρόσβαση των φυτικών οργανισμών στις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες για την ανάπτυξή τους. Ταυτόχρονα επιτρέπει τη μεταφορά των προϊόντων της φωτοσύνθεσης σε όλα τα μέρη του φυτού, αφού πρώτα επιφέρει τη διάλυσή τους. Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται περίπου κατά 60% από νερό, ποσοστό που εξαρτάται από παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία κλπ. Η ουσιώδης ιδιότητά του αφορά στη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών σε όλα τα όργανα και τους ιστούς του σώματος, ενώ παράλληλα, διατηρεί τον όγκο του αίματος και βοηθά στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. (FAO – Water and Agriculture),(Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh, Alka Upadhyay , 2017)

Παράλληλα, ο ρόλος του είναι σημαντικός σε όλα τα επίπεδα της ζωής του κοινωνικού συνόλου. Αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της πολιτισμικής ανάπτυξης και κοινωνικής ευημερίας, αφού από την αρχή της ιστορίας είχε καθοριστική επίδραση στον τρόπο ανάπτυξης και στην ανθεκτικότητα κάθε κοινωνίας. Επιπλέον, λειτούργησε σαν δίοδος γεφύρωσης αποστάσεων μεταξύ πολιτισμών και αποτέλεσε και το ίδιο πολιτισμικό στοιχείο διαφόρων χωρών. Στην Ελλάδα το νερό, εκτός των άλλων, αποτελεί ενεργό οικονομικό πυλώνα, καθότι συμβάλλει στην προσέλκυση μεγάλων τουριστικών ροών στα νησιά και τις ακτογραμμές της χώρας. (Φωτοπούλου, 2009)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, οι άνθρωποι που δεν έχουν πρόσβαση σε πόσιμο νερό είναι περίπου 1,1 δισεκατομμύριο, ενώ ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών με το ψήφισμα 64/292 αναγνωρίζει το ανθρώπινο δικαίωμα σε πόσιμο νερό και αποχέτευση. Το γεγονός πως ένας στους έξι κατοίκους της γης δεν έχει πρόσβαση στο αναγκαίο πόσιμο νερό,

καθώς και το κλιματικό φαινόμενο της ξηρασίας, καθιστούν απαραίτητη την επανεξέταση της διαχείρισης του νερού και την ανάγκη για εξοικονόμηση και διαφύλαξή του. (Ψωμάς, 2012)

1.2. Χρήσεις του νερού

Είναι ευρέως γνωστό, πως το νερό αποτελεί ανανεώσιμο αλλά και περιορισμένο πόρο. Λόγω της ιδιαίτερα μεγάλης σημασίας του, απαραίτητη είναι και η διαφύλαξή του. Μέσω του υδρολογικού κύκλου ανανεώνονται τα αποθέματα γλυκού νερού, όμως η ποσότητα που διατίθεται προς κατανάλωση είναι περιορισμένη και κατανέμεται άνισα. Χρησιμοποιείται κατεξοχήν για την κάλυψη των αγροτικών αναγκών παγκοσμίως σε ποσοστό περίπου 69%, ακολουθεί η χρήση του για την κάλυψη των αναγκών της βιομηχανικής παραγωγής, σε ποσοστό 23%, ενώ μόλις το 8% παγκοσμίως απορροφάται με σκοπό την πλήρωση των υδρευτικών αναγκών των πόλεων (Livernash & Seligman, 1992). Η κατανομή του νερού για τις διάφορες χρήσεις διαφέρει σε κάθε χώρα, ανάλογα με την ανάπτυξή της. Όπως είναι λογικό, σε χώρες με αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα καταναλώνεται πολύ μεγαλύτερο ποσοστό των υδάτων στην βιομηχανία, ενώ σε χώρες με ανεπτυγμένη αγροτική παραγωγή, στην γεωργία. Στην Ελλάδα ποσοστό πάνω από 86% του νερού που καταναλώνεται αφορά σε αγροτική χρήση, περίπου το 11% σε αστική χρήση, ενώ μόλις το 3% χρησιμοποιείται για βιομηχανία και παραγωγή ενέργειας (FAO-AQUASTAT, 2000).

Η γεωργική χρήση του νερού αφορά στην ποσότητα εκείνη που χρησιμοποιείται για άρδευση των καλλιεργειών, ανεξαρτήτως της ποσότητας νερού που αυτές δέχονται μέσω των κατακρημνισμάτων. Στην Ελλάδα, εξαιτίας των μικρών υψών βροχής και των αυξημένων θερμοκρασιών, η κατανάλωση του νερού για άρδευση κατέχει πρωταρχικό ρόλο στις χρήσεις του νερού. Ωστόσο, η παροχή νερού άρδευσης επηρεάζεται από τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, ανάλογα με τις φυσικές διακυμάνσεις. Λόγω της συχνότητας των ξηρασιών, οι ανάγκες για νερό άρδευσης είναι αυξημένες, όμως μέσω της χρήσης νερού σε συλλογικά δίκτυα, η καταμέτρηση του νερού που διατίθεται σε αυτές παραμένει ελλιπής. Για αυτόν το λόγο, ορίζεται απαραίτητος ο έλεγχος κατανάλωσης νερού με σκοπό την εξοικονόμησή του σε συνδυασμό με τη βέλτιστη χρήση του. (Ψωμάς, 2012)

Η αστική κατανάλωση νερού διακρίνεται στην οικιακή χρήση, δηλαδή την κατανάλωση για πόση, καθαριότητα και λοιπές οικιακές δραστηριότητες, και την κοινόχρηστη, δηλαδή το πότισμα πρασίνων χώρων, το πλύσιμο δημόσιων χώρων και την κατανάλωση νερού σε δημόσιους, κοινωφελείς και κοινόχρηστους χώρους, με πρόσβαση σε αυτό. Σύμφωνα με το Ν. 1739/87, η ύδρευση αποτελεί θεσμικά κατοχυρωμένη χρήση πρώτης προτεραιότητας. Ακόμα κι αν το ποσοστό κατανάλωσης υδρευτικού νερού έγκειται στο 11% της συνολικής κατανάλωσης, η χημική και ποιοτική σύστασή του αποδεικνύεται ως υψηλών προδιαγραφών. Ως επί το πλείστον, οι υδρευτικές ανάγκες καλύπτονται από τα υπόγεια νερά, είτε αυτά είναι πηγαία ή αντλούμενα από γεωτρήσεις, λόγω της οικονομικότητας των αντίστοιχων έργων άντλησης και διανομής, αλλά και της απλούστερης διαδικασίας επεξεργασίας. Παρόλα αυτά, σε μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η Αθήνα, η άντληση υπογείων υδάτων καθίσταται ανεπαρκής, με αποτέλεσμα την επιστράτευση επιφανειακών υδατικών πόρων, μέσω μεγάλων έργων ταμίευσης και μεταφοράς. (Ψωμάς, 2012)

Η βιομηχανική χρήση νερού περιλαμβάνει το νερό που διατίθεται για την επεξεργασία προϊόντων ή άλλες χρήσεις στη διαδικασία βιομηχανικής παραγωγής, καθώς και τις δραστηριότητες που συνδέονται με τη μεταλλευτική δραστηριότητα. Παράλληλα, μεγάλη ποσότητα του επιφανειακού νερού στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, μέσω έργων μεγάλης κλίμακας. Εντός του ελλαδικού χώρου,

βρίσκονται 16 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3050 MW, ενώ το μέσο ετήσιο εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό της χώρας εκτιμάται σε 15 TWh, που εκτιμάται πως θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια, σε ποσοστό περίπου 30%. (Παλαβράκης, 2023), (Στεφανάκος)

1.3. Η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων

Σύμφωνα με το Ν. 1739/1987 του Υπουργείου Ανάπτυξης (πρώην Υπουργείο Βιομηχανικής Ενέργειας και Τεχνολογίας), ορίζονται οι υδατικοί πόροι ως τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, ανεξαρτήτως της προέλευσης και της ποιότητάς τους ή της χρήσης προορισμού τους. Παράλληλα, στην κατηγορία των υδατικών πόρων εντάσσονται τα ύδατα των φυσικών, χερσαίων ή υποθαλάσσιων, πηγών, όπως επίσης και τα θερμομεταλλικά νερά (μεταλλικά, ιαματικά, ολιγομεταλλικά). Παρόλο που από το νόμο αποκλείεται το θαλασσινό νερό, ωστόσο με τη χρήση της διαδικασίας αφαλάτωσης, μπορεί να θεωρηθεί ως υδατικός πόρος (Δανιλάκης, 2011).

Προκειμένου να αξιοποιηθούν με βιώσιμο τρόπο οι υδατικοί πόροι, εισάγεται η έννοια της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, η οποία καθορίζεται διεθνώς με περισσότερους του ενός ορισμούς. Σύμφωνα με την οδηγία 2000/60 και την εναρμόνισή της με το ελληνικό δίκαιο 3199/2003 και το ΠΔ 51/2007, η διαχείριση υδατικών πόρων περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που πρέπει να αναπτύσσονται για την, όσο το δυνατόν πληρέστερη, κάλυψη των αναγκών σε νερό και συγκεκριμένα:

- την αξιοποίηση της προσφοράς νερού σε σχέση με τη ζήτησή του, ιδίως σε περιοχές που εμφανίζουν προβλήματα λειψυδρίας ή αναμένεται η εξάντλησή του.
- τη διαχείριση των πλεονασματικών ποσοτήτων νερού, που μπορεί να προκαλέσουν ζημιές ή καταστροφές, καθώς και των ελλειμμάτων νερού.
- την αντιμετώπιση της αποσταθεροποίησης της προσφοράς και της ζήτησης για το παρόν και το μέλλον
- την αποσυμφόρηση ή εξάλειψη των συγκρούσεων των ανταγωνιστικών μεταξύ τους χρήσεων
- την αποδοτική κάλυψη της ζήτησης των χρήσεων, σύμφωνα με τα αναπτυξιακά προγράμματα της χώρας
- τη διατήρηση της καλύτερης δυνατής ποιότητας νερού για την κάλυψη των αναγκών της εκάστοτε χρήσης
- την οργάνωση των δραστηριοτήτων έρευνας, διαχείρισης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων

Παρόλο που ο νόμος θεωρούταν ολοκληρωμένος όταν συντάχθηκε, το πρόβλημα της διαχείρισης υδατικών πόρων γίνεται ολοένα και πιο περίπλοκο στη σημερινή εποχή. Μια σύγχρονη προσέγγιση του προβλήματος, αφορά τη λεγόμενη «ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση και ανάπτυξη των υδατικών πόρων», που αποτέλεσε το στόχο της Διεθνούς Διάσκεψης του Δουβλίνου για το Νερό και το Περιβάλλον (1992) και της Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (1992). Το 1996 ο Grigg όρισε τη διαχείριση υδατικών πόρων ως την ανάπτυξη και εφαρμογή μέτρων (κατασκευαστικών και μη), με σκοπό να ελέγχονται τα συστήματα υδατικών πόρων (φυσικών και τεχνητών) προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.

Λίγα χρόνια αργότερα, σύμφωνα με τους Loucks et al. (2005), η διαχείριση υδατικών πόρων θεωρήθηκε ως ένα σύστημα που βρίσκεται σε συνεχή αλληλεπίδραση με τρεις κύριους παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί είναι το κοινωνικό-οικονομικό σύστημα, το διοικητικό-

θεσμικό σύστημα και το σύστημα των φυσικών πόρων. Το κοινωνικό-οικονομικό σύστημα αφορά σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες που χρησιμοποιούν ή σχετίζονται με το νερό. Το διοικητικό-θεσμικό σύστημα περιλαμβάνει όλους του νόμους, τις αποφάσεις, το ρυθμιστικό πλαίσιο, τη διοίκηση, τις διαχειριστικές αρχές και τις αρμόδιες υπηρεσίες για τον έλεγχο εφαρμογής των νόμων και των ρυθμίσεων. Το φυσικό σύστημα, περιλαμβάνει όλα τα φυσικά και τεχνητά υδάτινα σώματα, καθώς και τα έργα υποδομής που σχετίζονται με αυτά και τους κανόνες λειτουργίας τους. Το κάθε σύστημα ξεχωριστά αποτελεί ένα πολύπλοκο μέλος, ως προς τη δομή και το περιεχόμενό του. Η διαδικασία διαχείρισης υδατικών πόρων στηρίζεται στην αλληλεπίδραση των συστημάτων μεταξύ τους και λόγω της περίπλοκης αυτής συμπεριφοράς τους, καθίσταται και η ίδιας ιδιαιτέρων σύνθετη.

Ακόμα ένας ολοκληρωμένος ορισμός ήταν αυτός του Μαμάση (2007), που ορίζει τη διαχείριση υδατικών πόρων ως το σύνολο των δράσεων, που γίνονται για την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των υπαρχόντων και μελλοντικών αναγκών σε νερό, για κάθε ξεχωριστή χρήση ή για την ισότιμη ικανοποίηση των αναγκών των χρήσεων, βάση της κοινωνικής σημασίας τους. Οι δράσεις αυτές αναπτύσσονται σε πέντε άξονες (θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό), προκειμένου να πραγματοποιείται η βέλτιστη αξιοποίηση αναπτυξιακά, οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Επιπλέον, κατά τον ίδιο, οι κανόνες που χρίζουν εφαρμογής στη διαχείριση υδατικών πόρων είναι ο ισομερής καταμερισμός των ποσοτήτων νερού μεταξύ των χρηστών, βάσει κριτηρίων αντικειμενικών, η εφαρμογή της πιο οικονομικά αποδοτικής μεθόδου για το παρόν και το μέλλον, η αποφυγή ζημιών και επιπτώσεων στους πόρους του περιβάλλοντος και η βιωσιμότητα της ανάπτυξης. Παράλληλα, σύμφωνα με τον Κουτσογιάννη (2007), η διαχείριση υδατικών πόρων στοχεύει στα εξής: α) στην προμήθεια νερού επαρκούς ποσότητας και καλής ποιότητας για την ικανοποίηση των αναγκών, β) στην προστασία των υδατικών πόρων από κάθε είδους ρύπανση, γ) στην προστασία και διαχείριση των οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος, δ) στην προστασία από τα ακραία φυσικά φαινόμενα (πλημμύρες & ξηρασίες), ε) στη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των υδατικών πόρων, στ) στη μέριμνα για τη διατήρηση των αναγκαίων αποθεμάτων σε μελλοντικό χρόνο και την αποφυγή μη αναστρέψιμων επεμβάσεων και ζ) στη διατήρηση υψηλού επιπέδου αξιοπιστίας (περιορισμού αβεβαιότητας).

Μια συμπληρωματική προσέγγιση του θέματος δόθηκε από τους Sadoff και Muller (2009), που εξέφρασαν την ανάγκη για μακροχρόνια και συνεχή χρονικά και χωρικά διαχείριση των υδατικών πόρων, δίνοντας έμφαση στον σχεδιασμό ως μέσο συνοχής των μέτρων (κατασκευαστικών και θεσμικών), που θα λειτουργούν συμπληρωματικά εξυπηρετώντας μια εθνική και περιφερειακή στρατηγική. Για το σκοπό αυτό, κρίνεται απαραίτητη η οργάνωση δομών ανάλυσης των κοινωνικό-οικονομικών και διοικητικό-θεσμικών αλλαγών και των αλλαγών στα συστήματα φυσικών πόρων. Γίνεται, έτσι, αντιληπτό, πως κατά τη διαδικασία εξέλιξης των συστημάτων αυτών μέσα στο χρόνο, η διαχείριση φυσικών πόρων οφείλει να προσαρμόζεται στις μεταβολές αυτές.

1.4. Κυριότερα προβλήματα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων στην Ελλάδα

Ο Ελλαδικός χώρος παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες σε σχέση με τη Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Παρόλο που το υδατικό ισοζύγιο της χώρας είναι θετικό, το πραγματικό υδατικό απόθεμα φαίνεται να είναι αρκετά πιο μειωμένο, γεγονός που εξηγείται από τις

χρόνιες παθογένειες του συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα, οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατάσταση των υδατικών συστημάτων είναι οι εξής (Δανιλάκης, 2011):

- Η άνιση χρονικά και χωρικά κατανομή των υδατικών πόρων
- Ο μεγάλος αριθμός απομονωμένων νησιωτικών περιοχών
- Η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τα διασυνοριακά ύδατα
- Η κατανομή της χώρας σε πολυπληθείς λεκάνες απορροής, με υδατικό δυναμικό που δεν είναι οικονομικά αξιοποιήσιμο
- Η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού στον πρωτογενή τομέα
- Η ανάπτυξη σημαντικής οικονομικής δραστηριότητας σε ξηρές περιοχές, λόγω παλαιότερων αναπτυξιακών πολιτικών
- Η έλλειψη υποδομών και τεχνικών έργων
- Η μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού στα αστικά κέντρα

Συγκεκριμένα, παρατηρούνται πολλά προβλήματα σε σχέση με την ποσότητα και την ποιότητα των υδατικών αποθεμάτων, που δεν μπορούν να παραληφθούν. Η βιομηχανική δραστηριότητα της χώρας επιφέρει την υποβάθμιση του επιφανειακού υδροφορέα, λόγω της εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, η διάνοιξη συλλογικών και ιδιωτικών γεωτρήσεων οδηγεί στην υπερεκμετάλλευση των πόρων, χωρίς να είναι εφικτή η έγκαιρη ανανέωσή τους, οδηγώντας στην υποβάθμιση των υπόγειων υδροφορέων. Παράλληλα, η κατάσταση δυσχεραίνει, με την έλλειψη που παρουσιάζεται στα τεχνικά έργα διαχείρισης και προστασίας των υδάτων, την έλλειψη συντονισμού και την απουσία μακροχρόνιου κρατικού σχεδιασμού για την κάλυψη των παρόντων και μελλοντικών αναγκών σε νερό. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται προσπάθειες προγραμμάτων αξιοποίησης και ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων, φαίνεται πως πρακτικά δημιουργούνται ολοένα και μεγαλύτερα προβλήματα σχετικά με τα ύδατα. Αυτά οφείλονται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη έργων υποδομής, καθώς και στις ανθρώπινες παρεμβάσεις και την επιβολή των χρήσεων γης, σε συνδυασμό με την κλιματική κρίση. Χαρακτηριστικά, αναφέρονται οι εκτεταμένες καταστροφικές πλημμύρες που προκλήθηκαν από την κακοκαιρία “Daniel”, το φθινόπωρο του 2023, με τη Θεσσαλία να βρίσκεται για μήνες σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης. Επιπλέον, δεν μπορούν να παραληφθούν τα φαινόμενα ξηρασίας που πλήττουν κάθε χρόνο την Ελλάδα και προκύπτουν λόγω των εξαιρετικά ξηρών και θερμών χειμώνων. Είναι, λοιπόν, προφανές πως προκειμένου να επιτευχθεί η ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων, απαιτείται ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός, που θα λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα χαρακτηριστικά των υδατικών πόρων και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αλλά και τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της χώρας.

1.5. Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τους Υδατικούς Πόρους

1.5.1. Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Water Framework Directive 2000/60)

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60/EK) είναι μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για τη βιώσιμη και αειφόρο διαχείριση των υδατικών πόρων και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων σε κλίμακα Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ανανεώνοντας την έως τότε Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, έθεσε ένα αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο, που στόχο έχει την οριοθετημένη εκμετάλλευση και προστασία των υδάτων στο σύνολό τους (επιφανειακά, υπόγεια και μεταβατικά ύδατα). Η Οδηγία Πλαίσιο για τα ύδατα (2000/60/EK) ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία με το

Νόμο 3199/2003 για την Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων. Οι βασικοί στόχοι της Οδηγίας αφορούν στη δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ), στην προστασία και διαφύλαξη από περαιτέρω υποβάθμιση των υδατικών πόρων, στη διασυνοριακή συνεργασία σε περιπτώσεις διεθνών υδάτων, στον έλεγχο και μείωση της ρύπανσης από όλες τις πηγές και στην τιμολόγηση του νερού με βάση την αρχή ότι ο ρυπαίνων πληρώνει. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται η προστασία και βελτίωση της κατάστασης, όχι μόνο των υδάτινων οικοσυστημάτων, αλλά και των χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων που εξαρτώνται από αυτά. Παράλληλα, προωθείται η βιώσιμη χρήση του νερού για την εξασφάλιση μακροπρόθεσμης διαφύλαξης των υδατικών πόρων, ενώ επιδιώκεται η θεσμοθέτηση μέτρων για την προοδευτική μείωση ή και εξάλειψη των απορρίψεων, των εκπομπών και των διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας. Τέλος, ορίζεται πλαίσιο για τη διασφάλιση αποφυγής ρύπανσης των υπογείων υδάτων και για τον μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμυρικά φαινόμενα και φαινόμενα ξηρασίας.

1.5.2. Οδηγία Πλαίσιο για τις Πλημμύρες (Floods Directive 2007/60)

Η Οδηγία Πλαίσιο για τις Πλημμύρες (2007/60/EK) συμπληρώνει την Οδηγία 2000/60/EK και αφορά στη διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής Ποταμού. Η Οδηγία υπαγορεύει στα κράτη μέλη την προσκόμιση Προκαταρκτικών Αξιολογήσεων του Κινδύνου Πλημμύρας ανά Υδατικό Διαμέρισμα, τη δημιουργία Χαρτών Επικινδυνότητας και Κινδύνου Πλημμύρας και του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας (ΣΔΚΠ). Οι δύο Οδηγίες δημιουργήθηκαν με σκοπό να εξασφαλίζεται η αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη χρήση των υδατικών πόρων. Ο κύριος στόχος της Οδηγίας Πλαίσιο για τις Πλημμύρες (2007/60/EK) είναι η διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας και η μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον, την οικονομία, τις υποδομές, την πολιτιστική κληρονομιά και την ανθρώπινη υγεία και ζωή. Για την επίτευξή του εφαρμόζονται τα απαραίτητα μέτρα και πολιτικές, ενώ αξιολογούνται σε επίπεδο ΛΑΠ. Η διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας με βάση την Οδηγία 2007/60/EK θεωρείται πως περιλαμβάνει την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, η οποία πρέπει να συγκαταλέγεται στην προκαταρκτική αξιολόγηση των κινδύνων πλημμύρας και στην ανάπτυξη σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας.

1.6. Ελληνική Νομοθεσία για τους Υδατικούς Πόρους

1.6.1. Νόμος 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000»

Ο Ν. 3199/2003 για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, που εναρμονίζει το εθνικό δίκαιο με την Οδηγία 2000/60/EK, αναφέρεται στη διοικητική οργάνωση του εθνικού φορέα διαχείρισης μέσω της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων, της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων, των Διευθύνσεων Υδάτων των Περιφερειών και του Περιφερειακού Συμβουλίου Υδάτων. Μέσω του Ν. 3199/2003 καθορίζονται οι ανωτέρω φορείς σε σύνθεση και αρμοδιότητες. Επιπλέον, καθορίζονται οι βασικές αρχές για τα Σχέδια Διαχείρισης, που εκπονούνται από τις Περιφέρειες και για τα Προγράμματα Ειδικών Μέτρων κατά της Ρύπανσης. Παράλληλα, ο Ν. αναφέρεται στους γενικούς κανόνες για χρήση των

υδάτων, στις άδειες χρήσεων νερού και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής τους και στο κόστος ανάκτησης για τις υπηρεσίες ύδατος.

1.6.2. Π.Δ. 51/2007 «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων» (ΦΕΚ 54/Α΄/2007)

Η εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ πραγματοποιείται ουσιαστικά με το Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α΄/2007), το οποίο εφαρμόζεται ώστε να θεσπιστεί το αναγκαίο πλαίσιο μέτρων και διαδικασιών που θα συμβάλλει στην επίτευξη της ολοκληρωμένης προστασίας και ορθολογικής διαχείρισης των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων νερών. Με το Π.Δ. 51/2007 καθορίζονται τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν ώστε να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα και για τις προστατευόμενες περιοχές, ενώ εξειδικεύονται θέματα ανάκτησης του κόστους για υπηρεσίες ύδατος και θέματα της συνδυασμένες προσέγγισης για τον έλεγχο των σημειακών και διάχυτων πηγών ρύπανσης. Επιπλέον, ρυθμίζονται τα θέματα που συνδέονται με την κατάρτιση και την έγκριση των Σχεδίων Διαχείρισης και των Προγραμμάτων Ειδικών Μέτρων κατά της ρύπανσης και των Προγραμμάτων για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπογείων υδάτων.

1.6.3. ΚΥΑ 140384/11 (ΦΕΚ 2017 Β/9-9-2011) «Ορισμός Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων με καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των φορέων που υποχρεούνται στη λειτουργία τους, κατά το άρθρο 4, παράγραφος 4 του Ν. 3199/2003»

Η ΚΥΑ 140384/11 θεσπίζει το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ποσοτική και ποιοτική παρακολούθηση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων στα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας, σύμφωνα με το Π.Δ. 51/2007. Σκοπός του είναι η επίτευξη μιας συνολικής εικόνας της κατάστασης των εγχώριων υδάτων, σύμφωνα με το άρθρο 4 παρ. 4 του Ν. 3199/2003. Τη λειτουργία του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης συντονίζει και επιβλέπει η Ειδική Γραμματεία Υδάτων, η οποία συνεργάζεται με τις Διευθύνσεις Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και με Υπηρεσίες συναρμόδιων Υπουργείων και άλλους Φορείς. Η λειτουργία του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων έχει ως στόχο τη διασφάλιση συστηματικής και συνεχούς παρακολούθησης των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του συνόλου των υδάτων της χώρας, με στόχο την αξιολόγηση και ταξινόμηση της οικολογικής – χημικής και ποσοτικής τους κατάστασης. Παράλληλα, συμβάλλει στην εκτίμηση μακροχρόνιων αλλαγών που προκαλούνται από ανθρωπογενείς παράγοντες, σε συνδυασμό με την εφαρμογή των Προγραμμάτων Μέτρων για την προστασία και αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων που προβλέπονται στα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών.

1.7. Αντικείμενο μελέτης

Η περιοχή που μελετάται αποτελεί μέρος της Λεκάνης Απορροής του ποταμού Νέστου και παρουσιάζει ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, που σχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση νερού από τον ομώνυμο ποταμό. Ο Νέστος βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος του εντός των ελληνικών εδαφών, όμως, δεδομένου ότι πηγάζει από τα βουλγαρικά βουνά, η χρήση των

υδάτων του υπόκειται σε διακρατικές συμφωνίες ανάμεσα στις δύο χώρες. Ακόμα, ιδιαίτερα σημαντική είναι η ύπαρξη των δύο μονάδων παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, με τα αντίστοιχα φράγματα της ΔΕΗ (Θησαυρού και Πλατανόβρυσης), που καθιστά την διαχείριση περισσότερο περίπλοκη. Επιπλέον, η περιοχή του Δέλτα παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένες αρδευτικές ανάγκες, εκατέρωθεν των εκβολών του Νέστου στις Περιφερειακές Ενότητες Καβάλας και Ξάνθης, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσεων της περιοχής καταλαμβάνεται από τον πρωτογενή τομέα. Από τα παραπάνω, προκύπτει πως τα ποσοστά χρήσης νερού για άρδευση και παραγωγή ενέργειας είναι πολύ μεγάλα, ενώ πολύ σημαντικές είναι οι υδρευτικές, βιομηχανικές και κτηνοτροφικές ανάγκες της περιοχής. Για το λόγο αυτό, απαιτείται η εξέταση όλων των παραμέτρων, μεμονωμένα και σαν σύνολο, για την απόδοση ακριβούς συμπεράσματος.

Είναι βέβαιο, πως η ορθή και δίκαιη διαχείριση των υδατικών πόρων, δεδομένων των συνθηκών, αποτελεί μία συνεχή πρόκληση. Ο συνδυασμός των παραμέτρων των φυσικών χαρακτηριστικών με τα διοικητικά, οικονομικά και κοινωνικά δεδομένα απαιτεί μια σύνθετη διαχειριστική διαδικασία, ενώ απολύτως σημαντικά είναι τα απειλητικά φυσικά φαινόμενα της ξηρασίας και της πλημμύρας, που δύναται να πλήξουν την περιοχή. Το αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας μελέτης αποτελείται από δύο ξεχωριστά, αλλά αλληλένδετα μέρη. Πρωταρχικό σκοπό αποτελεί η απόδοση της κατάστασης της Λεκάνης Απορροής του ποταμού Νέστου, εντός του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, όσον αφορά στους υδατικούς πόρους. Παράλληλα, αποδίδεται ο καταμερισμός της χρήσης του νερού στις διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες και εξετάζεται η προστασία και διατήρηση του ιδιαίτερου φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης. Με βάση τα παραπάνω, δημιουργείται ένα υδατικό μοντέλο προσομοίωσης της κατανομής του ποτάμιου ύδατος, λαμβάνοντας υπόψη τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής και τις ανάγκες των χρήσεων γης, που απαιτείται να εκπληρωθούν. Από την ολοκλήρωση του πρώτου τμήματος της παρούσας, παρουσιάζονται συμπεράσματα που αφορούν στο μηνιαίο καταμερισμό ύδατος ανά χρήση γης και αποδίδονται γραφικά στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αφορά στην επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην διαχείριση των υδατικών πόρων. Συγκεκριμένα, εξετάζονται δύο μελλοντικά κλιματικά σενάρια, τα RCP 2.6, και RCP 8.5, για τα οποία έχουν αντληθεί δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για διάστημα 100 χρόνων. Τα δεδομένα αυτά, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, εισάγονται στο υδατικό μοντέλο, ως υποθετικά σενάρια. Έτσι, δημιουργείται το υπόβαθρο ανάλυσης της κατάστασης και της ζήτησης του ύδατος, σε υποθετικές συνθήκες, ενώ αποδίδονται τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Τέλος, εισάγεται στη μελέτη το νέο αρδευτικό έργο της πεδιάδας Ξάνθης που θα γίνει με ΣΔΙΤ και θα αντλεί νερό από τον ποταμό Νέστο. Γίνεται μία εκτίμηση του χρόνου πλήρωσης των δεξαμενών άρδευσης και η εισαγωγή των νέων δεδομένων για τις αρδευτικές εκτάσεις στο υδατικό μοντέλο του λογισμικού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα ζήτησης, με βάση τα νέα δεδομένα.

1.8. Στόχοι εργασίας

Οι βασικοί στόχοι της εργασίας είναι οι εξής:

α) Η ανάλυση και παρουσίαση των φυσικών χαρακτηριστικών και των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων της περιοχής μελέτης, που θέτουν το υπόβαθρο εκτίμησης των αναγκών της περιοχής σε νερό.

β) Η ανάπτυξη και επικύρωση του διαχειριστικού μοντέλου της περιοχής, με τη χρήση του λογισμικού WEAP21.

γ) Η εκτίμηση ενός υποθετικού μελλοντικού ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης νερού για την περίοδο 2021 – 2100, υπό συνθήκες κλιματικής αλλαγής.

Για κάθε έναν από τους ανωτέρω, τέθηκαν τέσσερις επιπλέον υποστόχοι, που κατέστησαν τη διαδικασία επίτευξής τους εφικτή.

Συγκεκριμένα για τον α) στόχο τέθηκαν οι εξής υποστόχοι:

- α1) Οριοθέτηση περιοχής μελέτης, βάσει των απαιτούμενων στόχων.
- α2) Συλλογή και επεξεργασία των απαραίτητων δεδομένων.
- α3) Χαρτογραφική απόδοση των βασικών χαρακτηριστικών της περιοχής.
- α4) Εύρεση και απόδοση των στοιχείων της περιοχής που χρίζουν προστασίας.

Επιπλέον, για τον β) στόχο τέθηκαν οι εξής υποστόχοι:

- β1) Κατανόηση και απόδοση των υδρολογικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα
- β2) Επεξεργασία πρωταρχικών δεδομένων για την εκτίμηση των αναγκών σε νερό
- β3) Αξιοποίηση των υπολογιστικών εργαλείων του WEAP21, βάσει των αναγκών της μελέτης
- β4) Εξαγωγή και ανάλυση συμπερασμάτων απολήψεων και σύγκριση αποτελεσμάτων με τα ΣΔΛΑΠ.

Τέλος, για τον γ) στόχο τέθηκαν οι εξής υποστόχοι:

- γ1) Κατανόηση λειτουργίας των κλιματικών μοντέλων και απόδοση σεναρίων RCP2.6 και RCP8.5.
- γ2) Συλλογή και επεξεργασία κλιματικών δεδομένων
- γ3) Εισαγωγή μελλοντικών κλιματικών δεδομένων στο περιβάλλον του λογισμικού WEAP21
- γ4) Απόδοση συμπερασμάτων χρήσης νερού με βάση τα κλιματικά σενάρια

1.9. Δομή και οργάνωση εργασίας – διάρθρωση περιεχομένου

Το 1^ο κεφάλαιο της εργασίας αποτελεί την εισαγωγή στο αντικείμενο μελέτης. Αρχικά, ερμηνεύεται η σημασία του νερού και οι χρήσεις με τις οποίες αυτό είναι συνδεδεμένο. Στη συνέχεια, αναλύεται η έννοια της διαχείρισης υδατικών πόρων, βάσει των διαφορετικών προσεγγίσεων με τις οποίες συνδέεται και αποδίδονται τα κυριότερα προβλήματα της διαδικασίας στην Ελλάδα. Έπειτα, αναφέρεται η Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία που

πλασιώνει τη διαχείριση του νερού. Τέλος, αναλύονται το αντικείμενο μελέτης και οι στόχοι και οι υποστόχοι της εργασίας, προτού περιγραφεί η διάρθρωση του περιεχομένου της.

Στο 2^ο κεφάλαιο της εργασίας πραγματοποιήθηκε η οριοθέτηση της περιοχής μελέτης και η απόδοση των διοικητικών, γεωγραφικών, γεωμορφολογικών στοιχείων της περιοχής. Αναλύθηκαν, επιπλέον, τα κλιματικά και υδατικά στοιχεία της περιοχής, ενώ εξετάστηκαν και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της χλωρίδας, της πανίδας και των προστατευόμενων ζωνών. Όσον αφορά στα ανθρωπογενή στοιχεία, πραγματοποιήθηκε η καταγραφή του πληθυσμού και των οικονομικών και επαγγελματικών δραστηριοτήτων της περιοχής, αποδόθηκαν οι ισχύουσες πολεοδομικές και χωροταξικές διατάξεις και οι χρήσεις γης, σύμφωνα με τα δεδομένα του προγράμματος Corine Land Cover του 2018. Τέλος, παρουσιάστηκαν τα στοιχεία των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων (φραγμάτων) της περιοχής, καθώς και η διακρατική συμφωνία για τη διαχείριση υδάτων μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας.

Το 3^ο κεφάλαιο αφορά στην επιμέρους οριοθέτηση της περιοχής μελέτης, βάσει των δεδομένων εισαγωγής στο λογισμικό WEAP21. Στο κεφάλαιο αυτό, αναλύονται οι υδρολογικές διεργασίες που συμβάλλουν στην κατανάλωση νερού βλάστησης (εξατμισοδιαπνοή) και πραγματοποιούνται όλοι οι υπολογισμοί των αναγκών και απολήψεων σε νερό, βάσει των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Ουσιαστικά, το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την προετοιμασία των δεδομένων για την εισαγωγή τους στο διαχειριστικό λογισμικό.

Το 4^ο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο διαχειριστικό λογισμικό WEAP21. Αρχικά, περιγράφεται η φιλοσοφία και η σημαντικότητα των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και η λειτουργία του προγράμματος WEAP21. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η προσαρμογή του μοντέλου με σκοπό την απόδοση των στοιχείων της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά του μοντέλου, που αφορούν στο υδρογραφικό δίκτυο, τις διαχειριστικές λεκάνες, τους κόμβους προσφοράς και ζήτησης νερού και τις συνδέσεις μεταξύ τροφοδοσίας και ζήτησης. Τέλος, παρουσιάζονται περιγραφικά και διαγραμματικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας μοντελοποίησης.

Στο 5^ο κεφάλαιο της εργασίας πραγματοποιείται η ανάλυση των κλιματικών μοντέλων και σεναρίων. Συγκεκριμένα, γίνεται περιγραφή των Παγκόσμιων Κλιματικών Μοντέλων, της διαδικασίας υποβιβασμού κλίμακας και των Περιοχικών Κλιματικών Μοντέλων που προκύπτουν μέσω αυτής. Έπειτα, ορίζονται τα κλιματικά σενάρια, περιγράφονται οι οικογένειες κλιματικών σεναρίων A & B και αποδίδονται τα Σενάρια Αντιπροσωπευτικών Πορειών Συγκέντρωσης Θερμοκηπιακών Αερίων RCPs. Παράλληλα, αναπτύσσεται η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων των κλιματικών σεναρίων RCP2.6 & RCP8.5 για τις περιόδους 2021-2100. Οι παράμετροι που εξετάζονται αφορούν στη θερμοκρασία και στη βροχόπτωση και πραγματοποιείται μία σύγκριση των δύο σεναρίων ως προς αυτές. Στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφεται η μοντελοποίηση των δύο κλιματικών σεναρίων, καθώς και τα αποτελέσματα που αυτή δίνει. Τέλος, γίνεται αναφορά στο νέο αρδευτικό έργο της πεδιάδας της Ξάνθης με ΣΔΙΤ και εκτιμάται η επίδραση που θα έχει αυτό στη διαδικασία καταμερισμού του νερού του ποταμού Νέστου.

Στο 6^ο κεφάλαιο αναλύονται συνολικά τα αποτελέσματα των προηγούμενων κεφαλαίων και εξάγονται τα συμπεράσματα της μελέτης.

Κεφάλαιο 2^ο: Παρουσίαση Περιοχής Μελέτης

2.1. Γεωγραφική θέση – Διοικητική υπαγωγή

Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε στην παρούσα εργασία αφορά σε τμήμα της λεκάνης απορροής του Νέστου. Ο ποταμός Νέστος θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους ποταμούς της Ελλάδας. Πηγάζει από τα όρη Ρίλα της Βουλγαρίας και διασχίζοντας το δυτικό μέτωπο της Θράκης, καταλήγει εκβάλλοντας στο Θρακικό πέλαγος. Από τα συνολικά 243 km του ποταμού, μόλις τα 130 km βρίσκονται εντός της Ελλάδας, καταλαμβάνοντας περιοχή μεταξύ των βουνών Ροδόπης, Φαλακρού και των βουνών της Λεκάνης. Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ποταμούς της Ελλάδας, αφού κατά μήκος του συναντώνται δύο υδροηλεκτρικά φράγματα και τεχνητές λίμνες, αυτά του Θησαυρού και της Πλατανόβρυσης, ενώ παράλληλα υπάρχουν τα αντίστοιχα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ. (Ψωμάς, 2012), (Τσουκαλάκης, 2012)

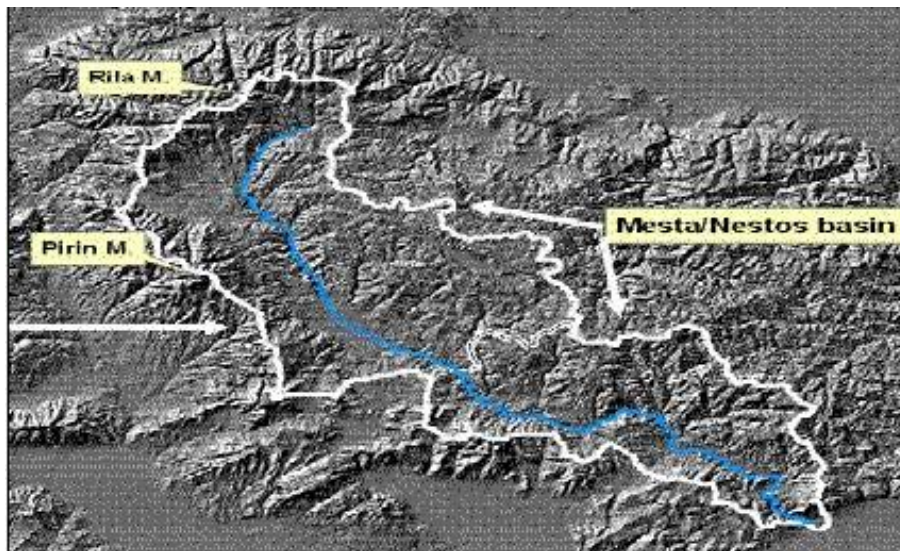
Ο Νέστος εισέρχεται στον ελλαδικό χώρο στο ύψος του Νευροκοπίου, του νομού Δράμας, διασχίζοντας την κοιλάδα ανάμεσα από τις οροσειρές Ορβήλου και Ροδόπης. Η λεκάνη απορροής του Νέστου καταλαμβάνει συνολική έκταση 6.219 km², ενώ το 60% του συνόλου της βρίσκεται εντός της Βουλγαρίας. Τόσο ο ποταμός, όσο και η λεκάνη απορροής έχουν μία ιδιαίτερη γεωγραφική σημασία, αφού ο Νέστος αποτελεί το φυσικό όριο μεταξύ των νομών Μακεδονίας και Θράκης. Συγκεκριμένα, η έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής μοιράζεται διοικητικά στις Περιφερειακές Ενότητες της Δράμας, της Ξάνθης και της Καβάλας. Οι διακλαδώσεις του ποταμού σχηματίζουν ένα πλούσιο υδρογραφικό δίκτυο με αρκετούς παραπόταμους και χείμαρρους, όπως είναι ο Δεσπάτης, ο Μουσδέλης, το Μεγάλο Ρέμα, το Διαβολόρεμα και το Αρκουδόρεμα. Προτού καταλήξει στο Θρακικό πέλαγος, ο Νέστος σχηματίζει ένα μεγάλο δέλτα, εμβαδού περίπου 50 km², σε μία περιοχή που προστατεύεται από τη συνθήκη Ramsar και είναι ενταγμένη στο Δίκτυο NATURA 2000. (Σκουληκάρης, 2008)



Χάρτης 1: Χάρτης διοικητικής υπαγωγής (Νομών) της ευρύτερης περιοχής μελέτης



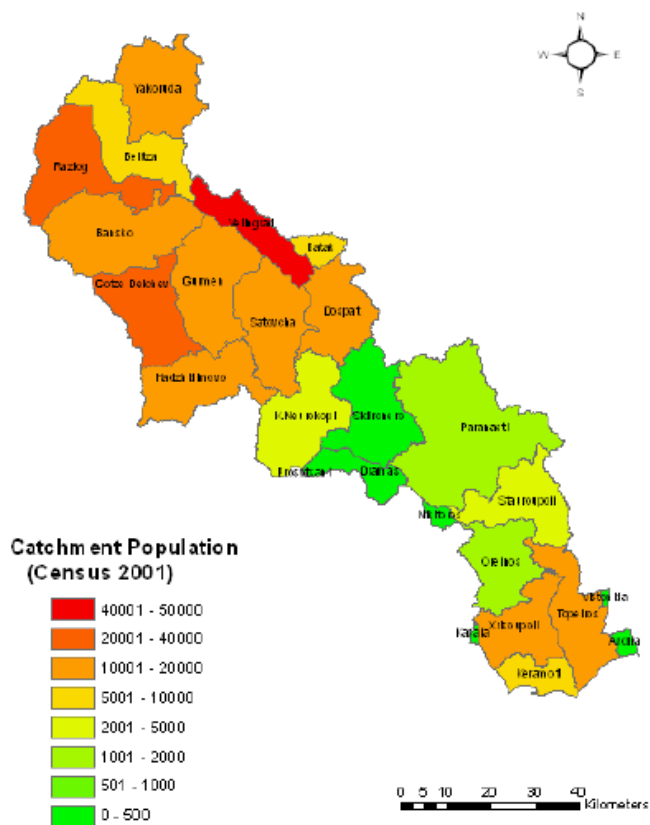
Χάρτης 2: Χάρτης διοικητικής υπαγωγής (Δήμων Καλλικράτη) της ευρύτερης περιοχής μελέτης



Εικόνα 1: Συνολική Λεκάνη Απορροής, Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Πηγή: Σκουληκάρης, 2008)

2.2. Πληθυσμιακά στοιχεία και ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Το σύνολο του πληθυσμού που κατοικεί μόνιμα εντός της λεκάνης απορροής του Νέστου είναι περίπου 230.000 κάτοικοι. Στο Βουλγαρικό μέρος της λεκάνης απορροής κατοικούν περίπου 190.000 άνθρωποι ενώ στο Ελληνικό τμήμα, κοντά στους 42.000 κατοίκους. (Σκουληκάρης, 2008)

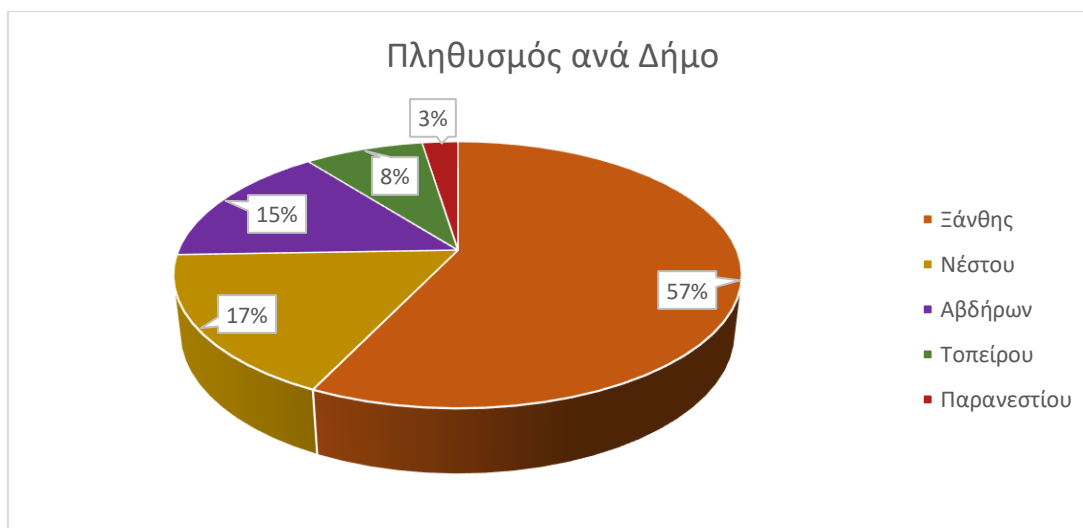


Εικόνα 2: Πληθυσμιακή κατανομή λεκάνης απορροής Νέστου
(Πηγή: Σκουληκάρης, 2008)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στοιχεία των Δήμων που σχηματίζουν τη λεκάνη απορροής του Νέστου:

Πίνακας 1: Στοιχεία Δήμων της λεκάνης απορροής Νέστου

α/α	Δήμος	Έδρα	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός 2021 (κατ.)
1	Παρανεστίου	Παρανέστι	1.037,82	2.843
2	Ξάνθης	Ξάνθη	495,1	66.875
3	Νέστου	Χρυσούπολη	678,9	20.311
4	Τοπείρου	Εύλαλο	312,5	9.473
5	Αβδήρων	Γενισέα	352	17.610



Σχήμα 1: Πληθυσμός ανά Δήμο

Σε ό,τι αφορά στην απασχόληση των ανθρώπων εντός της περιοχής μελέτης, φαίνεται πως υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην παραγωγική δραστηριότητα των κατοίκων για το Βουλγαρικό και το Ελληνικό τμήμα. Συγκεκριμένα, εντός του Βουλγαρικού τμήματος εμφανίζεται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, με τη παραγωγή ποτών και τροφίμων, την επεξεργασία καπνού, τη μεταλλουργία και την κλωστοϋφαντουργία να καταλαμβάνουν σημαντικό ποσοστό της απασχόλησης των κατοίκων. Ωστόσο, η γεωργία και η δασοκομία φαίνεται να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό απασχόλησης των εργαζομένων.

Στον Ελλαδικό χώρο, αντίστοιχα, οι οικονομικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται αφορούν κυρίως τον πρωτογενή τομέα παραγωγής και συγκεκριμένα τη γεωργία. Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2011, το ποσοστό των ανθρώπων που απασχολούνταν στον πρωτογενή τομέα παραγωγής πλησίαζε το 30%, στη δεύτερη θέση ήταν το χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσικλετών με ποσοστό 15%, ενώ στην τρίτη θέση, με ποσοστό 11%, ήταν ο τομέας δημόσιας διοίκησης και άμυνας και υποχρεωτικής κοινωνικής ασφάλισης και στην τέταρτη, με ποσοστό απασχόλησης περίπου 9%, οι δραστηριότητες μεταποίησης.

Οικονομική Δραστηριότητα - Απασχόληση



■ Γεωργία, Δασοκομία, Αλιεία

■ Χονδρικό και λιανικό εμπόριο, επισκευή μηχανοκίνητων οχημάτων και μοτοσικλετών
■ Δημόσια διοίκηση και άμυνα.
■ Υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση
■ Μεταποίηση

■ Δραστηριότητες υπηρεσιών παροχής καταλύματος και εστίασης
■ Εκπαίδευση

■ Επαγγελματικές, επιστημονικές και τεχνικές δραστηριότητες

Σχήμα 2: Οικονομική δραστηριότητα – Απασχόληση (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

2.3. Γεωλογικά χαρακτηριστικά και γονιμότητα εδάφους

Η λεκάνη απορροής του ποταμού στο σύνολό της, αποτελείται κυρίως από μεταμορφωσιγενή και μάρμαρα. Γεωλογικά, η περιοχή ανήκει στη μάζα της Ροδόπης, μια γεωτεκτονική μονάδα με χαρακτηριστικά ηπειρωτικού φλοιού, που πιθανόν να έχουν προκύψει από την παλαιά Ευρασιατική πλάκα. (Σκουληκάρης, 2008)

Το κρυσταλλοσχιστώδες της περιοχής του Νέστου διαιρείται στους τέσσερις παρακάτω ορίζοντες:

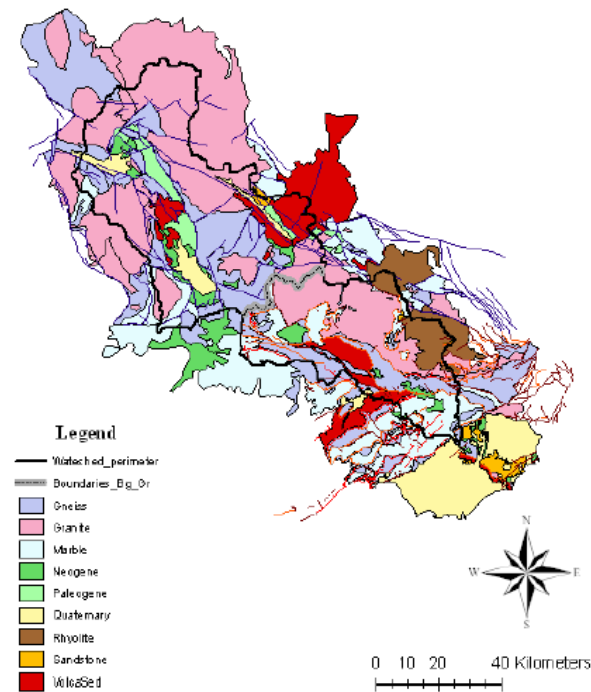
1. Σειρά γνευσίων της βάσης, στη Δυτική Ροδόπη.
2. Σειρά μαρμάρων
3. Σειρά μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, που βρίσκεται αποκλειστικά στην περιοχή του Νέστου και
4. Σειρά σχιστόλιθων και μαρμάρων, που αναπτύσσεται στη ΒΑ πλευρά του Νέστου.

Πλησίον της κοίτης το μεγαλύτερο τμήμα των εδαφών χαρακτηρίζεται ως ιζηματογενή πετρώματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Η βασική σύστασή τους ποικίλει μεταξύ του αμμώδους και του αμμοπηλώδους. Καθαρά αμμώδεις εκτάσεις παρατηρούνται στις παλιές κοίτες του ποταμού, στις διακλαδώσεις του και στις εκβολές του, οι οποίες έχουν μεγάλο βάθος και είναι τελείως άγονες. Η παρουσία της άμμου συνδέεται με την διάβρωση και παράσυρση των εδαφών από τα ορεινά τμήματα της Ροδόπης και του Φαλακρού. Πέρα από τα αμμώδη εδάφη, στην περιοχή συναντώνται και αμμοαργιλώδη και αργιλοαμμώδη, χαρακτηριστικό που εξαρτάται από την ποσότητα της αργίλου. Παράλληλα, παρατηρείται η

παρουσία αλατούχων εδαφών, τα οποία οφείλονται στις αποθέσεις υλικών με άλατα σε διάλυση.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ποταμού Νέστου είναι πως εισέρχεται στην περιοχή του Δέλτα από το ορεινό του τμήμα. Για το λόγο αυτό, τα υλικά που μεταφέρει είναι χονδρόκοκκα αμμώδη και όχι αργιλώδη, όπως θα ήταν αναμενόμενο. Η συσσώρευση των υλικών αυτών στις εκβολές, έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης του Δέλτα καθώς και την επέκτασή του στη θάλασσα κατά 100 με 200 μέτρα περίπου, ετησίως. Παράλληλα, λόγω της διεύθυνσης των επικρατούντων ανέμων από Β-Α, δεν σχηματίζονται στην ακτή οι χαρακτηριστικοί αμμόλοφοι, αλλά υποβοηθάτε η επέκταση της ξηράς και η δημιουργία λιμνοθαλασσών.

Εντός των Στενών του Νέστου κυριαρχούν τριτογενείς ασβεστούχες αποθέσεις, που δημιουργούν αργιλοπηλώδη και αργιλλώδη εδάφη, με αλκαλική αντίδραση και περίσσεια βάσεων CaCO_3 . Αυτά τα εδάφη δημιουργούν γενικά πλούσιες δασικές και εύφορες γεωργικές περιοχές. Τέλος, εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων παρατηρούνται συσσωρεύσεις κολλουβιακού υλικού, προερχόμενες από τα υψηλότερα τμήματα των Στενών.



Εικόνα 3: Γεωλογικός χάρτης λεκάνης απορροής
(Πηγή: Σκουληκάρης, 2008)

Σε ό,τι αφορά στη γονιμότητα του εδάφους, η ευρύτερη περιοχή του Νέστου παρουσιάζει χαρακτηριστικά πολύ γόνιμων εδαφών, τα οποία είναι βαθιά και έχουν καλές φυσικές ιδιότητες. Ως εκ τούτου, η περιοχή θεωρείται καλή για τις περισσότερες καλλιέργειες, με την προϋπόθεση ευνοϊκών οικολογικών παραγόντων. Ο βασικότερος περιοριστικός παράγοντας είναι ο κίνδυνος έκπλυσης των εδαφών, λόγω της ελαφριάς μηχανικής σύστασής τους και της χαμηλής περιεκτικότητά τους σε οργανική ύλη. Για τα τμήματα πλησίον της θάλασσας, περιοριστικό παράγοντα αποτελεί η κακή στράγγιση, σε συνδυασμό με την αλατότητα και την αλκαλίωση των εδαφών, λόγω του επηρεασμού τους από τη θάλασσα. (Σκουληκάρης, 2008)

2.4. Τοπίο και ανάγλυφο

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο. Η διαμόρφωση των Στενών σε επίπεδο τοπογραφίας καθορίζεται από τον ποταμό Νέστο. Δημιουργείται φαραγγειδής κοιλάδα, ανάμεσα στο Φαλακρό Όρος και στη Δυτική Ροδόπη, η οποία χαρακτηρίζεται ως τυπικής μορφολογίας ανάγλυφο εγκιβωτισμένου Μαιάνδρου. Η διάβρωση των μαρμαρογενών πετρωμάτων, που προκαλείται από τη συνεχή ροή των νερών του ποταμού, δημιουργεί απότομες βραχώδεις πλαγιές και πλήθος σπηλαίων, με χαρακτηριστικούς σταλακτίτες και σταλαγμίτες. Στα Στενά του Νέστου σχηματίζονται διάφορες μικρές περιοχές, που δίνουν την εντύπωση ενός αισθητικά ποικιλόμορφου και ιδιαίτερου τοπίου. Στις συγκεκριμένες θέσεις, οι εξάρσεις του εδάφους είναι ομαλές, υπάρχουν τραχείς λόφοι και απόκρημνα υψώματα, που συχνά χαρακτηρίζονται από τις κάθετες πλαγιές τους που καταλήγουν μέσα στα νερά. Παράλληλα, δημιουργούνται κοιλάδες, στενές ή ευρύτερες, ενώ ο συνδυασμός των ανωτέρω με τις χαράδρες και τις πεδινές εκτάσεις, δημιουργεί ένα γεωμορφολογικά ιδιαίτερο και σύνθετο σύμπλεγμα. (Σκουληκάρης, 2008)

Η ποικιλομορφία του αναγλύφου, σε συνδυασμό με την πλούσια χλωρίδα και πανίδα, δημιουργούν τις προδιαγραφές για ένα τοπίο απaráμιλλης ομορφιάς και υψηλής φυσικής ποιότητας. Όπως αναλύεται παρακάτω, εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στον χαρακτηρισμό του ιδιαίτερου αυτού τοπίου, έχουν οι βιότοποι και τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, που έχουν κηρυχθεί ως προστατευόμενα. Ωστόσο, η φυσική κατάσταση του τόπου έχει μεταβληθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Παρόλο που το μεγαλύτερο μέρος του, παλαιότερα καλυπτόταν από πυκνό δάσος, σήμερα παρατηρείται ο περιορισμός της φύσης, έναντι της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το άλλοτε πλούσιο Δάσος του Κοτζά – Ορμάν, έχει πληγεί σε βαθμό οριακής εξαφάνισης, έναντι της εντατικής αποψίλωσης κατά τα μεταπολεμικά χρόνια, προκειμένου να δοθούν εδάφη στη γεωργία.

Στο νότιο τμήμα του ποταμού, κοντά στις εκβολές του στο Θρακικό Πέλαγος, η κατάσταση του τοπίου είναι αρκετά διαφορετική. Όπως αναφέρθηκε, η περιοχή του Δέλτα έχει μικρή κλίση, γεγονός που επιφέρει την είσοδο της θάλασσας στην ξηρά και τον σχηματισμό μικρών λιμνοθαλασσών με αυξομειούμενο ύψος υδάτων. Ταυτόχρονα, εκεί σχηματίζονται αμμοθίνες, αλμυρόβαλτοι και αλίπεδα. Το τοπίο αυτό είναι μοναδικό, αν λάβει κανείς υπόψη τους πληθυσμούς των σπάνιων ειδών πουλιών, που κατοικούν στην περιοχή αυτή. (Τσουκαλάς, 2012), (Σκουληκάρης, 2008)

2.5. Κλιματικά δεδομένα

Η ανάλυση και καταγραφή των κλιματικών συνθηκών κρίνεται απαραίτητη για τη διαχείριση των υδατικών πόρων του ποταμού, δεδομένου ότι η γεωργία, που καταλαμβάνει το βασικότερο ποσοστό απασχόλησης και σημαντικό άξονα των χρήσεων γης, επηρεάζεται κατεξοχήν από τις κλιματικές και καιρικές συνθήκες της περιοχής. Παράλληλα, η διατήρηση της βιοποικιλότητας, που αποτελεί τον σημαντικότερο στόχο κάθε μελέτης διαχείρισης υδάτων, βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση από το κλίμα του τόπου, καθώς μέσω αυτού καθορίζονται τα ενδιαίτητα του φυσικού περιβάλλοντος και τις συνθήκες διαβίωσής τους. (Σκουληκάρης, 2008)

Εκτός από τις γεωγραφικές μεταβλητές, μεγάλη επιρροή στο κλίμα της περιοχής έχουν ακόμα μερικοί παράγοντες, όπως:

- Η τοπογραφία, δηλαδή η ύπαρξη βουνών και λόφων στην ευρύτερη περιοχή, η κλίση του εδάφους και η ύπαρξη θαλάσσιου χώρου
- Οι εδαφολογικές συνθήκες της περιοχής και η σύσταση των εδαφών (υδατοπερατότητα, υδροχωρητικότητα, κ.ο.κ.)
- Η ύπαρξη και η χωρική κατανομή πρασίνου, που συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας, αυξάνοντας την υγρασία και περιορίζοντας τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και
- Οι πηγές εκπομπής θερμότητας (όπως κτίρια, βιομηχανίες και οχήματα), κυρίως κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα.

Για την αποτύπωση του κλίματος της περιοχής μελέτης αξιοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Χρυσούπολης, που θεωρήθηκε πως αντιπροσωπεύει καλύτερα τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, δεδομένης της θέσης του. Τα μετεωρολογικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, αφορούσαν στην χρονική περίοδο 1984 – 2022 και αποδίδονται ως μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και υετόπτωσης στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για το Μετεωρολογικό Σταθμό Χρυσούπολης

ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ
ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	5,6365	6,53653	9,115	13,518	18,6304	22,837
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	47,639	46,5079	40,81	33,884	34,027	27,668
ΜΗΝΑΣ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	25,493	25,402	21,07	15,804	11,114	7,041
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	18,365	15,619	24,8	42,765	55,286	70,43

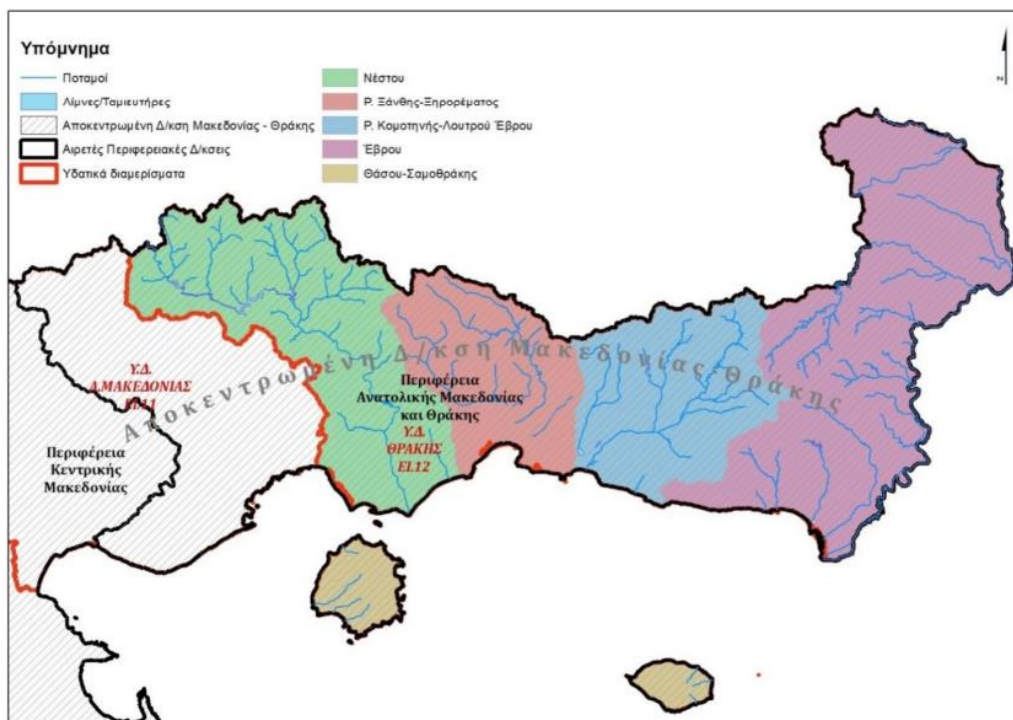
Η συσχέτιση των βροχοπτώσεων και της θερμοκρασίας καθορίζει τον χαρακτήρα του βιοκλίματος και των ειδών βλάστησης της περιοχής. Από τα παραπάνω προκύπτει πως το κλίμα της περιοχής μελέτης αποτελεί έναν ενδιάμεσο κλιματικό τύπο μεταξύ μεσογειακού και ηπειρωτικού κλίματος. Οι χειμώνες αποτελούν ψυχρές εποχές με τη θερμοκρασία να βρίσκεται κάτω από τους 10°C, ενώ κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου συναντώνται και υψηλά ποσοστά βροχόπτωσης. Αντιθέτως, η θερινή ξηρή περίοδος αποτελείται κυρίως από τους μήνες του Ιουλίου και του Αυγούστου, με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται στους 25°C και τη βροχόπτωση να λαμβάνει τις χαμηλότερες τιμές.

2.6. Υδατικοί πόροι

2.6.1. Ισχύον καθεστώς Λεκανών Απορροής

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, με την υπ' αριθμόν οικ. 706/16.07.2010 Απόφαση (ΦΕΚ 1383/Β/2010 και συγκεκριμένα στο Παράρτημα ΙΙ αυτής, όπως αυτή τροποποιήθηκε με το ΦΕΚ 1572/Β/2010), όρισε τις αρμόδιες, τότε κρατικές, Περιφέρειες ανά Λεκάνη Απορροής Ποταμού σε κάθε Υδατικό Διαμέρισμα της χώρας. Έτσι, για τις ΛΑΠ του ΥΔ Θράκης και σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 3852/2010 μόνη αρμόδια Αποκεντρωμένη Διοίκηση είναι η Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας – Θράκης. Ορίστηκε, λοιπόν, η ΛΑΠ Νέστου, με κωδικό EL1207, που γεωγραφικά εκτείνεται σε ποσοστό 100% στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. (1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12))

Το μεγαλύτερο τμήμα της Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207) του ΥΔ Θράκης καταλαμβάνει η υπολεκάνη απορροής του ομώνυμου ποταμού, που βρίσκεται επί ελληνικού εδάφους. Εντός της ΛΑΠ EL1207 περιλαμβάνονται και δύο μικρές τοπικές υπολεκάνες εκατέρωθεν των εκβολών του Νέστου, με τη συνολική έκτασή της να ανέρχεται σε 2.975,5 km². Η ΛΑΠ Νέστου περιλαμβάνει τις μοναδικές εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας στο ΥΔ Θράκης, τα φράγματα Θησαυρού και Πλατανόβρυσης της ΔΕΗ. Επιπλέον, υποστηρίζει τις αρδευτικές ανάγκες σημαντικών εκτάσεων εκατέρωθεν των εκβολών του Νέστου, στις Π.Ε. Καβάλας και Π.Ε. Ξάνθης, μέσω εκτεταμένων απολήψεων από το ρουφράκτη Τοξοτών.



Εικόνα 4: Διοικητική διαίρεση και Αρμόδιες Αρχές

(Πηγή: «1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12)»)

2.6.2. Συστήματα Επιφανειακών Υδάτων – Τυπολογία

Όπως ορίζεται από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Άρθρο 2, παρ. 1), ο χαρακτηρισμός των επιφανειακών υδάτων έχει ως στόχο την αναγνώριση των Επιφανειακών Υδατικών Συστημάτων (ΕΥΣ) και την κατάταξή τους, στις εξής 4 κατηγορίες (1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12)):

- Ποταμοί: Συστήματα εσωτερικών υδάτων, τα οποία ρέουν, ως επί το πλείστον στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά τα οποία μπορεί, για ένα μέρος της διαδρομής τους, να ρέουν και υπογείως.
- Λίμνες: Συστήματα στάσιμων εσωτερικών υδάτων
- Μεταβατικά ύδατα: Συστήματα επιφανειακών υδάτων, πλησίον του στομίου ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά, λόγω της γεινιάσής τους με παράκτια ύδατα, αλλά τα οποία μπορεί να επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού.
- Παράκτια: Συστήματα επιφανειακών υδάτων, που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς της ακτογραμμής, σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα, από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης, από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απότερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.

Το Επιφανειακό Υδατικό Σύστημα (ΕΥΣ), σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ (Άρθρο 2, παρ.1 Οδηγίας), ορίζεται ως: «διακεκριμένο και σημαντικό στοιχείο επιφανειακών υδάτων, όπως π.χ. μια λίμνη, ένας ταμιευτήρας, ένα ρεύμα, ένας ποταμός ή μια διώρυγα, ένα τμήμα ρεύματος, ποταμού ή διώρυγας, μεταβατικά ύδατα ή ένα τμήμα παράκτιων υδάτων». Η σημαντικότητα τις στοιχείου επιφανειακών υδάτων αφορά κυρίως στο μέγεθός του, χωρίς να προσδιορίζεται κάποιο κατώτατο όριο μεγέθους, για την ισχύ τις Οδηγίας.

Ο αριθμός των Επιφανειακών Υδατικών Συστημάτων στη Λεκάνη Απορροής Νέστου (EL1207) ανέρχεται σε 58 ΕΥΣ στο σύνολό τις, τα οποία διαχωρίζονται σε :

- 50 Ποτάμια ΥΣ

- 2 Λιμναία ΥΣ

- 3 Μεταβατικά ΥΣ και

- 3 Παράκτια ΥΣ

Τα Υδατικά Συστήματα αναφέρονται αναλυτικά στους πίνακες 3, 4, 5 & 6, με βάση το διαχωρισμό σε κατηγορίες, όπως ορίζεται από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

Πίνακας 3: Ποτάμια Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207) εντός του Παραρτήματος Πινάκων

Πίνακας 4: Λιμναία Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207) εντός του Παραρτήματος Πινάκων

Πίνακας 5: Μεταβατικά Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207) εντός του Παραρτήματος Πινάκων

Πίνακας 6: Παράκτια Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207) εντός του Παραρτήματος Πινάκων

2.6.3. Συστήματα Υπόγειων Υδάτων

Στο πλαίσιο των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12) πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός και η οριοθέτηση των Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων, με βάση τα εξής κριτήρια (1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Θράκης (EL12)):

- Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών, τα οποία συνθέτουν το ΥΥΣ και την ανάπτυξη της υπόγειας υδροφορίας. Για το συγκεκριμένο, πραγματοποιήθηκε η διάκριση σε καρστικά, πορώδη, ρωγμώδη και μικτά ΥΥΣ, ενώ ενοποιήθηκαν μικροί επιμέρους υδροφόροι.
- Την δυναμικότητα των υπόγειων υδροφόρων, που προκύπτει από τα υφιστάμενα δεδομένα τροφοδοσίας, εκφορτίσεων και εκμετάλλευσης του υπόγειου δυναμικού.
- Τις χρήσεις που τροφοδοτεί η εκμετάλλευση κάθε ΥΥΣ.
- Την αλληλεξάρτηση του ΥΥΣ με επιφανειακά ύδατα και χερσαία οικοσυστήματα.
- Την ύπαρξη περιοχών σε κάθε ΥΥΣ με υποβαθμισμένη ποιοτική και ποσοτική σύσταση, λόγω υπεραντλήσεων, υφαλμύρανσης ή άλλης αιτίας, ή περιοχών που βρίσκονται σε κίνδυνο υποβάθμισης, αλλά και εκείνων που εμφανίζουν διαφοροποιημένη ποιοτική κατάσταση, λόγω του φυσικού υποβάθρου.

Το ΥΥΣ της ΛΑΠ Νέστου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7: Υπόγειο Υδατικό Σύστημα Λεκάνης Απορροής Νέστου

α/α	Όνομα ΥΥΣ	Κωδικός ΥΥΣ	Έκταση (km ²)
1	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΕΛΤΑ ΝΕΣΤΟΥ	EL1200060	554,58
2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΡΕΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ	EL1200070	949,69
3	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΤΑΜΩΝ – ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	EL120B090	2.426,54

2.6.4. Πηγές

Εντός της Λεκάνης Απορροής εμφανίζονται τα εξής είδη πηγών (Αλεξιάδης, 2009):

- Ψυχρές πηγές

Οι βασικές ψυχρές πηγές είναι οι καρστικές πηγές. Από αυτές, οι μεγαλύτερες είναι του Παραδείσου, με μέση ετήσια παροχή 430 l/s και των Στρατώνων, με μέση ετήσια παροχή 645 l/s. Οι πηγές αυτές εκφορτίζουν τη ρηγματογενή ζώνη των μαρμάρων που αναπτύσσεται βόρεια του Παραδείσου και της Ζαρκαδίας. Η εκφόρτιση των μαρμάρων σε αυτές τις θέσεις δημιουργείται λόγω του ρήγματος, που εμποδίζει τη συνέχιση της ροής του καρστικού νερού στο Δέλτα του Νέστου. Η βροχόπτωση δεν επιδρά άμεσα στον καθορισμό της παροχής των πηγών, όπως το ίδιο συμβαίνει και με την παροχή του ποταμού. Ακόμα μία σημαντική καρστική πηγή της περιοχής, είναι εκείνη του Κεχρόκαμπου, με μέση ετήσια παροχή τα 23 l/s. Από τις μετρήσεις των πηγών που εμφανίζονται στην περιοχή μεταξύ Παραδείσου – Ζαρκαδίας – Λευκαδίου και Πτέλας – Δαφνώνα, προκύπτει μέση ωριαία παροχή 4350 m³/έτος.

- **Μεταλλικές πηγές**

Στην περιοχή Θερμιά εμφανίζονται μεταλλικές πηγές, οι οποίες βρίσκονται μέσα σε γρανιτοειδή πετρώματα. Η παροχή του νερού κυμαίνεται μεταξύ 0,03-0,06 l/s, ενώ η θερμοκρασία του μεταξύ 13-18 °C.

- **Θερμές πηγές**

Στην περιοχή του Βαθυρέματος βρίσκεται η ομώνυμη θερμή πηγή, που αποτελεί πηγή επαφής μαρμάρων – γρανιτοειδών πετρωμάτων. Η μέση ετήσια παροχή είναι περίπου 90 l/s και η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 22,5 °C.

- **Θερμομεταλλικές πηγές**

Στην περιοχή Θερμιά βρίσκεται θερμομεταλλική πηγή, εντός γρανιτοειδών πετρωμάτων. Η μέση ετήσια παροχή της κυμαίνεται στα 4-5 l/s και η θερμοκρασία του νερού στους 44-55 °C. Μια ακόμα θερμομεταλλική πηγή εμφανίζεται στην περιοχή Ν. Καρβάλης, εντός της ρηγματογενούς ζώνης. Η μέση ετήσια παροχή της είναι 390 l/s, ενώ η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται στους 22 °C.

2.7. Χλωρίδα

Για την απόδοση των χαρακτηριστικών βλάστησης έχει πραγματοποιηθεί ο καταμερισμός της Ευρώπης σε ζώνες, σύμφωνα με τα είδη φυτών και τις συνθήκες ανάπτυξής τους. Σύμφωνα με τη χαρτογράφηση της βλάστησης της Ελλάδας, η χώρα ανήκει στη Μεσογειακή ζώνη Quercion Ilicis , ενώ η περιοχή μελέτης ανήκει στην Παραμεσογειακή ζώνη Ostryo carpinion και στη βαλκανική ζώνη Quercion frainetto (Αλεξιάδης, 2009).

Δέλτα Νέστου

Οι ακτές του Δέλτα καταλαμβάνονται από σχετικά αραιή βλάστηση, κατά μήκος των 40 km τους. Το χαρακτηριστικό της είναι η διάταξη των ζωνών βλάστησης σε παράλληλες προς την ακτή ζώνες, οι οποίες ενίοτε εισχωρούν η μία στην άλλη, δημιουργώντας μοτίβα, ανάλογα με τη μορφή του αναγλύφου.



Εικόνα 5: Δέλτα Νέστου

(Πηγή: Φωτογραφία Ν.Α., 2003, : <https://www.greekscapes.gr/index.php/2010-01-21-16-47-29/enot/87-topiaenotites/zonesnestos/188-zonie>)

1) Αμμόφιλες φυτοκοινωνίες

Οι αμμόφιλες φυτοκοινωνίες εμφανίζονται στις ΒΔ ακτές του Δέλτα (Αγίασμα – Κεραμωτή) και αποτελούν νιτρόφιλες φυτοκοινωνίες της κλάσης *Cakiletea maritima* και σχηματίζουν μία ζώνη πλάτους 2 με 5 μέτρα παράλληλα της ροής του ποταμού, πλησίον της θαλάσσιας ζώνης. Χαρακτηρίζονται ως νιτρόφιλες λόγω των θέσεων στις οποίες αναπτύσσονται, που είναι πλούσιες σε αζωτούχες ουσίες, που προέρχονται από φυτικά υπολείμματα θαλάσσιων φανερογάμων, όπως τα *Zostera marina* και *Ulva lactuca*. Οι θέσεις που παρατηρείται ταυτίζονται με των ανωτέρω, ωστόσο το υψόμετρο στο οποίο βρίσκονται είναι υψηλότερο, γεγονός που μειώνει την υγρασία, αλλά και την ποσότητα των φυτικών οργανικών υπολειμμάτων.

2) Αλοφυτικές φυτοκοινωνίες

Εντός του κόλπου της Κεραμωτής, καθώς και στα νότια τμήματα του Δέλτα του Νέστου εμφανίζονται μεγάλες εκτάσεις φοιτοκοινωνιών αλοφυτικών ειδών. Οι αλοφυτικές εκτάσεις χαρακτηρίζονται από υψηλή αλατότητα και σχετικά μικρό αριθμό ειδών, που όμως καταλαμβάνει ποσοστά φυτοκάλυψης γύρω στο 90-100%. Το έδαφος στο οποίο αναπτύσσονται είναι επίπεδο, ενώ περιοδικά μπορεί να καλύπτεται από το νερό της θάλασσας. Το εύρος των φυτών σε σχέση με την αλατότητα κυμαίνεται από άκρως ευαίσθητα σε άκρως ανθεκτικά (*Packham & Willis, 1997*), ενώ η αύξηση της αλατότητας του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αφθονίας των ειδών, λόγω των αυξημένων συνθηκών καταπόνησης (*e.g. Austin & Smith, 1989, Garcia et al. 1994*).

3) Καλαμώνες

Στις περιφερειακές θέσεις των λιμνοθαλασσών και των καναλιών αναπτύσσονται μεγάλες εκτάσεις από καλαμώνες. Οι καλαμώνες αυτοί λειτουργούν ως βιόφιλτρα, τα οποία κατακρατούν τους ρύπους από τη λεκάνη απορροής και προστατεύουν τα υδάτινα οικοσυστήματα από τη ρύπανση.

Κουιάδα & κύριο τμήμα Νέστου

Στο βόρειο τμήμα της περιοχής του Δέλτα, κατά μήκος της κοιλάδας του Νέστου παρατηρείται η ζώνη Ostryo-Carpinion, που καταλαμβάνει το εσωτερικό της χώρας έως και το νότιο μέρος της Βουλγαρίας. Το κλίμα στην περιοχή της ζώνης αυτής είναι ηπειρωτικό, ενώ βόρεια της κοιλάδας, όσο αυξάνεται το υψόμετρο συναντάται ζώνη φυλλοβόλων δασών και ζώνη δρυοδασών, που αποτελούν χαρακτηριστικά στοιχεία της βαλκανικής χερσονήσου.

Στο παρελθόν, από την περιοχή των Τοξοτών έως και τη θαλάσσια ζώνη, σε μήκος 27 χλμ. και πλάτος 3-7 χλμ., αναπτυσσόταν το υδροχαρές δάσος του Κοτζά-Ορμάν. Καταλαμβάνοντας συνολική έκταση 72.000 στρεμμάτων, αποτελούσε μια περιοχή πολύ πυκνής δενδρώδους βλάστησης. Το Ύψος των δέντρων έφτανε έως και τα 40 μέτρα, ενώ το πάχος τους έως και 2 μέτρα. Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος του δάσους έχει αποδοθεί στον πρωτογενή τομέα και τη γεωργία, ενώ ένα μικρότερο τμήμα του έχει παραχωρηθεί στη δασική υπηρεσία για λευκοκαλλιέργειες. Το δάσος πλέον έχει περιοριστεί σε μία έκταση περίπου 3.500 στρεμμάτων. Τα είδη που συναντώνται είναι η λευκή και μαύρη λεύκη, η οξύκαρπος και η αδρότριχος μελία, η πεδινή πτελέα, η δρυς, ο πεδινός και ο ταταρικός σφένδαμος και το σκλήθρο.

2.8. Πανίδα

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ένα πλούσιο φυσικό τοπίο, με ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη και τη διατήρηση πληθώρας οικοσυστημάτων. Είναι, επομένως, αναμενόμενο πως η πανίδα της περιοχής είναι πλούσια, με πολλά είδη πουλιών, θηλαστικών, αμφιβίων και ψαριών να αναπαράγονται και να κατοικούν σε αυτή (Αλεξιάδης, 2009).

Ορνιθοπανίδα

Δεδομένης της ύπαρξης υγροβιότοπου, η περιοχή του Νέστου, αποτελεί το σπίτι εξαιρετικά πολλών ειδών ορνιθοπανίδας. Αντίστοιχα, η παρουσία των ειδών αυτών αντικατοπτρίζει την κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής. Τα είδη αυτά βρίσκονται στον υγροβιότοπο όλες τις εποχές του χρόνου, δημιουργώντας μεγάλους πληθυσμούς και καλύπτοντας διάφορα τροφικά επίπεδα.

Στην περιοχή των ακτών, των αμμοθινών και των παράκτιων αλοφυτικών εκτάσεων βρίσκουν κατοικία τουλάχιστον 86 είδη, ενώ τα μεταναστευτικά κυμαίνονται στα 165 περίπου, τα περισσότερα εκ των οποίων είναι υδρόβια. Η ύπαρξη σπάνιων ειδών, όπως το αγκαθολημάνα, πληθυσμού του οποίου το 80% βρίσκεται εντός της Ελλάδας, καθιστά την περιοχή ως ιδιαίτερης σημασίας. Άλλα είδη που συναντώνται είναι: γλαρόνια, πάπιες, ερωδιοί, κορμοράνοι, χήνες, φλαμίνγκο, κ.ο.κ. Συνολικά στην περιοχή εμφανίζονται 208 είδη πολιών, όμως οι πληθυσμοί τους μειώνονται τα τελευταία 30 χρόνια.

Παράλληλα, στην περιοχή του Δέλτα βρίσκουν κατοικία τουλάχιστον 94 είδη πουλιών. Μεγάλη ποικιλότητα παρατηρείται κυρίως στα υδρόβια αρπακτικά πουλιά, λόγω των βιοτόπων της περιοχής. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός πως το 50% του συνόλου των αρπακτικών πουλιών του Δέλτα φωλιάζει στο παραποτάμιο δάσος του Νέστου. Επιπλέον, σε αυτές τις εκτάσεις συναντώνται περίπου 153 είδη μεταναστευτικών και διαχειμαζόντων ειδών.

Στην περιοχή της πεδιάδας, όπου κυριαρχούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (γεωργία, οικιστικές εκτάσεις) παρατηρείται ότι φωλιάζουν 52 είδη και 75 μεταναστευτικά και διαχειμάζοντα πουλιά. Ο συνολικός αριθμός ειδών που ζουν στην περιοχή ανέρχεται σε 113, γεγονός που δείχνει τον περιορισμό της βιοποικιλότητας σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές του Δέλτα. Το σημαντικότερο από τα είδη είναι ο πελαργός, ο πληθυσμός του οποίου ξεπερνάει τα 200 ζευγάρια.

Στην ευρύτερη περιοχή και τα Στενά του Νέστου φωλιάζουν συνολικά περισσότερα από 71 είδη πτηνών, με τον συνολικό παρατηρούμενο αριθμό ειδών να ανέρχεται στα 94. Πολλά από αυτά, ενώ κατοικούν στην περιοχή, χρησιμοποιούν τους βιοτόπους του Δέλτα για την εύρεση της τροφής τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού είναι τα μεγάλα αρπακτικά πουλιά που φωλιάζουν στα στενά του Νέστου, ενώ κατεβαίνουν στο Δέλτα για να κυνηγήσουν. Αξιόλογα πτηνά που παρατηρούνται είναι τα εξής: το Σαΐνι, το Διπλοσάινο, το Τσιγλογέρακο, κ.ο.κ.

Θηλαστικά

Παρόλο που οι πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη των θηλαστικών στην περιοχή είναι περιορισμένες, τα είδη που έχουν εντοπιστεί έχουν πολύ αδιαμφισβήτητο σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος και στην διατήρηση της τροφικής αλυσίδας. Το μεγαλύτερο μέρος των πληθυσμών φαίνεται πως διατηρείται στην καρδιά του υγροβιότοπου, ενώ στις γύρω περιοχές παρατηρείται ραγδαία υποβάθμιση των πληθυσμών. Στο βόρειο, δασωμένο τμήμα της περιοχής, εμφανίζονται η αρκούδα, το ελάφι, το τσακάλι, το αγριογούρουνο και ο λύκος. Άλλα θηλαστικά που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή είναι τα εξής: ο αγριόγατος του Μωριά, η βίδρα, ο ασβός, το κουνάβι, ο τυφλοπόντικας, η νυφίτσα, ο λαγός και η νυχτερίδα του Ναθούσιους.

Ερπετά & Αμφίβια

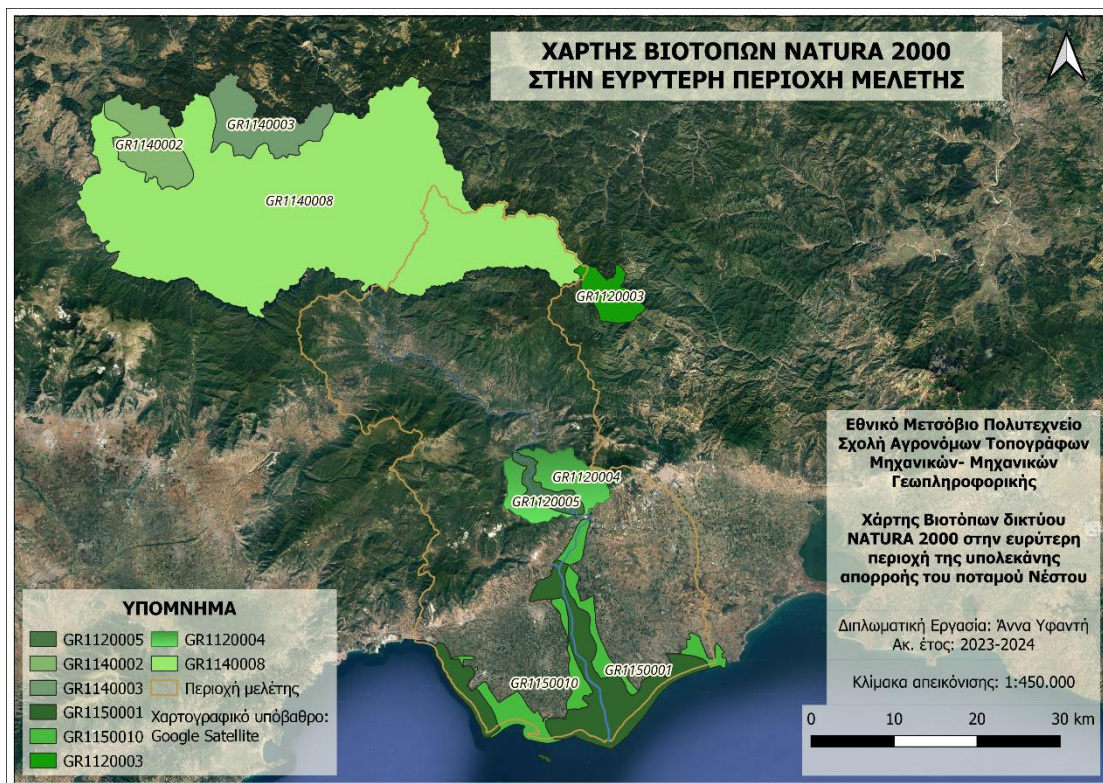
Η παρουσία και η διατήρηση σημαντικού αριθμού αμφιβίων και ερπετών συμβάλλει σε μια σημαντική εκτίμηση της κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα φυσικά οικοσυστήματα του υγροβιότοπου. Αυτό συμβαίνει επειδή τα είδη αυτά ζουν και αναπαράγονται στον ίδιο βιότοπο, έχοντας μικρή κινητικότητα, σταθερές θέσεις αναπαραγωγής και ζωτικό χώρο περιορισμένης έκτασης. Επιπλέον, λόγω της θέσης τους στην τροφική αλυσίδα, έχουν άμεση αντίδραση στις αλλαγές των κατώτερων επιπέδων του πλέγματος και μέσω αυτής αντικατοπτρίζονται οι γενικότερες περιβαλλοντικές αλλαγές του βιοτόπου, ενώ τα ίδια αποτελούν σημαντική πηγή τροφής για τους ανώτερους καταναλωτές. Στην ευρύτερη περιοχή του Δέλτα ζουν συνολικά 11 είδη αμφιβίων και 20 είδη ερπετών. Τη μεγαλύτερη αξία όσον αφορά στην ερπετοπανίδα και την αμφιβιοπανίδα έχει το υδροχαρές δάσος, όπου εντοπίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός των πληθυσμών. Αξιόλογα είδη που παρατηρούνται στην περιοχή είναι: η κιτρινοβομβίνα, ο χωματόφρυνος, η οχιά, ο τρίτωνας, κ.ο.κ..

Ψάρια

Τέλος, σημαντικά για την περιοχή είναι τα είδη ιχθυοπανίδας που ζουν στα γλυκά νερά του Δέλτα. Αυτά είναι το γιλάρι, το κεφάλι, το πετροχείλι, το φλασκούνι, το χρυσόψαρο κ.ο.κ.. Παράλληλα, στις λιμνοθάλασσες και στα υφάλμυρα νερά η ιχθυοπανίδα αποτελείται κυρίως από θαλασσινά ψάρια, όπως: το μαυράκι, το μαξενάρι, ο κέφαλος, το μελανούρι, το λαβράκι, η μουρμούρα, το σαφρίδι, η γλώσσα, η τριπούρα και ο κοκοβιός.

2.9. Προστατευόμενες περιοχές

Εντός της ευρύτερης περιοχής μελέτης βρίσκεται πληθώρα περιοχών με ιδιαίτερο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον. Πρόκειται για εκτάσεις που εντάσσονται στο Εθνικό Σύστημα Προστατευόμενων Περιοχών και υπάγονται σε καθεστώς προστασίας, με σκοπό τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των ιδιαίτερων οικολογικών στοιχείων τους. Καθ' όλο το μήκος του ποταμού συναντώνται δεκάδες τέτοιες περιοχές, είτε αυτές αποτελούν βιοτόπους NATURA και βιοτόπους CORINE, είτε Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σημαντικότερες εξ αυτών. (ΦΙΛΟΤΗΣ), (ΟΦΥΠΕΚΑ)



Χάρτης 3: Χάρτης Βιοτόπων δικτύου Natura 2000 στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

ο **Ροδόπη (Σημύδα) (GR1140002)**



Εικόνα 6: Βιότοπος Natura Ροδόπη (Σημύδα) (GR1140002)

Πρόκειται για Βιότοπο NATURA σε ορεινή περιοχή του Νομού Δράμας, που καλύπτεται από οξύφυλλα δάση. Στην περιοχή υπάρχει το μοναδικό δάσος Σημύδας στην Ελλάδα. Τα κυρίαρχα είδη που περιέχει είναι η σημύδα και η δασική πεύκη, ενώ εμφανίζονται αρκετά επιπλέον είδη δέντρων, όπως δασική οξιά, δρυς, άλνος κολλώδης, λεπτοκαρυά και λεύκες. Όλα τα παραπάνω σχηματίζουν αμιγείς και μεικτές συστάδες, με αποτέλεσμα στην περιοχή να εμφανίζονται 24 διαφορετικοί τύποι συστάδων, ανάλογα με την ποιότητα της περιοχής και τον ανταγωνισμό μεταξύ των ειδών των δέντρων.

ο **Κεντρική Ροδόπη και κοιλάδα Νέστου (GR1140008)**



Εικόνα 7: Βιότοπος Natura Κεντρική Ροδόπης και κοιλάδα Νέστου (GR1140008)

Αποτελεί Βιότοπο NATURA και εκτείνεται κατά μήκος των ελληνο-βουλγαρικών συνόρων. Είναι πυκνοδασωμένη περιοχή, με εκτεταμένα δάση βελανιδιάς, πρωτογενή δάση οξιάς και πεύκης, αλλά και το δάσος σημύδας του βιοτόπου Ροδόπης (GR1140002). Η περιοχή φημίζεται για το αγριοκάτσικο και για τη φουντουκιά, είδος με περιορισμένη εξάπλωση στον ελλαδικό χώρο. Ακόμα, φιλοξενεί όλα τα είδη δρυοκόλαπτη που απαντώνται στην Ελλάδα.

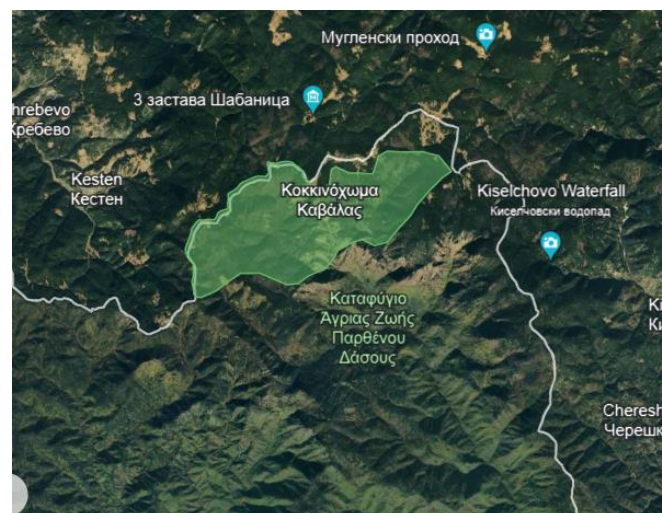
ο **Περιοχή Ελατιά, Πυραμίσ Κούτρα (GR1140003)**



Εικόνα 8: Βιότοπος Natura Περιοχή Ελατιά Πυραμίσ Κούτρα (GR1140003)

Ο Βιότοπος Natura Ελατιά, Πυραμίσ Κούτρα (GR1140003) βρίσκεται στην Αν. Μακεδονία, στο Νομό Δράμας και περιλαμβάνει εκτεταμένα δάση με οξιά, ερυθρελάτη και δασική πεύκη. Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής απαντώνται και δρυοδάση και δάση μαύρης πεύκης. Η περιοχή ανήκει στο υπερυγρό βιοκλιματικό στρώμα, με ψυχρούς χειμώνες. Παρουσιάζει ανάγλυφο μεγάλης ποικιλομορφίας, με κλίσεις άλλοτε ήπιες και άλλοτε απότομες. Αποτελεί ένα από τα πιο ορεινά τμήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου και χαρακτηρίζεται από πολλά μικρά και μεγάλα ρέματα με συνεχή ροή, όλο το χρόνο. Τα δάση της περιοχής αντανακλούν τις εντατικές δασικές πρακτικές.

ο **Δάσος Φρακτού (GR1140001)**

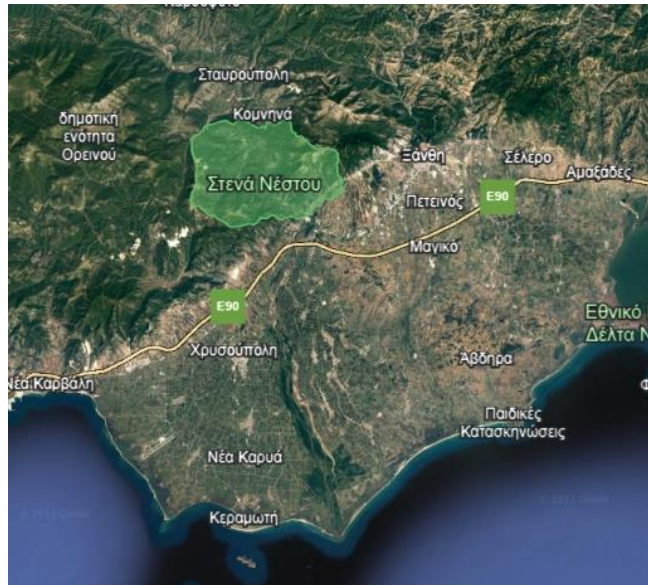


Εικόνα 9: Βιότοπος Natura Δάσος Φρακτού (GR1140001)

Αποτελεί Βιότοπο NATURA και βρίσκεται στο ορεινότερο τμήμα της οροσειράς της Κεντρικής Ροδόπης, νομού Δράμας. Η ονομασία Φρακτό σημαίνει το φραγμένο μέρος λόγω της οργιάδους βλάστησης. Στο Φρακτό βρίσκονται τα Λουτρά Θερμιών, με τις ιαματικές πηγές, καθώς και δημοφιλείς καταρράκτες, που σχηματίζονται από τις απότομες πλαγιές και τα μικρά ρέματα της περιοχής. Η βλάστηση που συναντάται δεν διαφέρει από αυτή των

υπόλοιπων κοντινών βιοτόπων και η πανίδα της περιοχής είναι πλούσια σε αριθμό και είδη. Ο κλιματικός τύπος είναι μεσογειακός και μεσοευρωπαϊκός.

- ο **Στενά Νέστου (GR1120004) και Αισθητικό Δάσος Νέστου (GR1120005)**



Εικόνα 10: Βιότοπος Natura Στενά Νέστου (GR1120004)



Εικόνα 11: Βιότοπος Natura Αισθητικό Δάσος Νέστου (GR1120005)

Η περιοχή βρίσκεται στα όρια των νομών Καβάλας και Ξάνθης και αποτελείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα και μάρμαρα, ενώ στην κοίτη του ποταμού συναντώνται ιζηματογενή πετρώματα και αλλουβιακές αποθέσεις. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του βιοτόπου NATURA είναι το μεγάλο φαράγγι του ποταμού Νέστου με τις απότομες βραχώδεις πλαγιές του. Το πυκνό δάσος καταλαμβάνει το κατώτερο μέρος του φαραγγιού, ενώ οι γύρω πλαγιές καλύπτονται από συνδυασμό δάσους και μακκίας. Η περιοχή είναι σημαντική για τα αναπαραγόμενα, διαβατικά και διαχειμάζοντα αρπακτικά είδη, ενώ η ποικιλία της πανίδας επεκτείνεται σε θηλαστικά, αμφίβια και ψάρια. Το οικοσύστημα διατηρείται σε εξαιρετική και αδιατάρακτη κατάσταση και η αισθητική αξία του δάσους είναι υψηλή.

- Δέλτα Νέστου και λιμνοθάλασσες Κεραμωτής Ευρύτερη περιοχή και παράκτια ζώνη (GR1150010) και Νήσος Θασοπούλα (GR1150001)



Εικόνα 12: Βιότοπος Natura Δέλτα Νέστου και λιμνοθάλασσες Κεραμωτής Ευρύτερη περιοχή και παράκτια ζώνη (GR1150010)



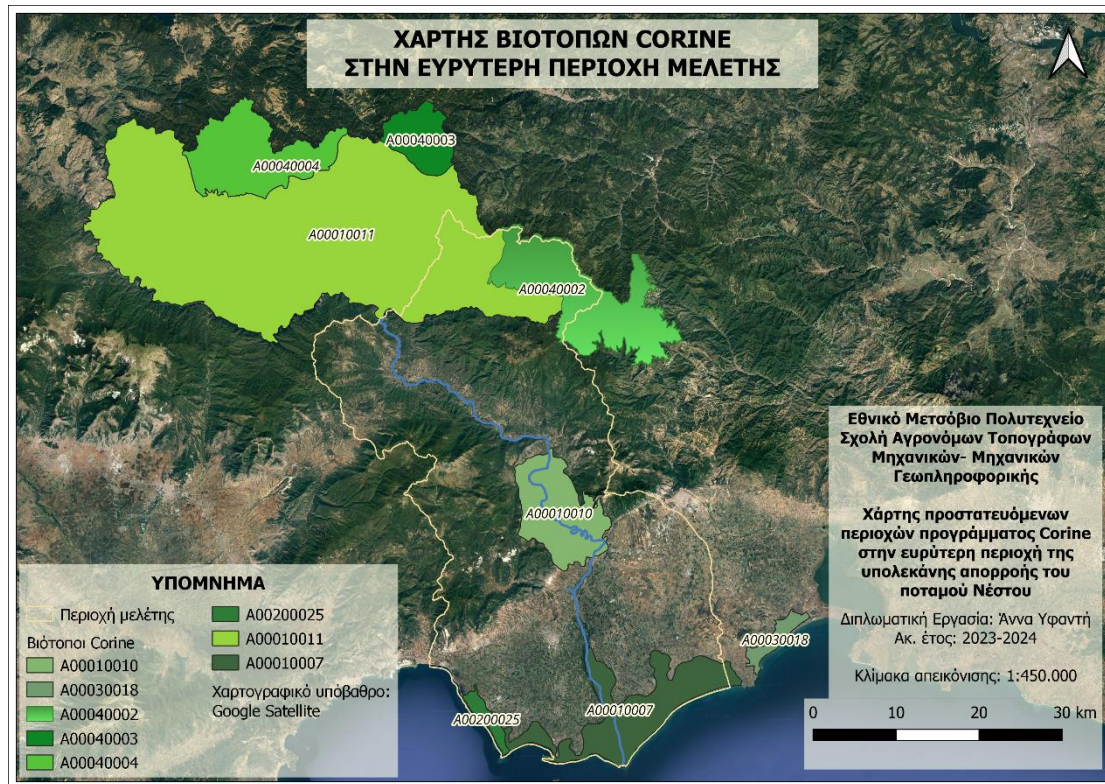
Εικόνα 13: Βιότοπος Natura Δέλτα Νέστου και λιμνοθάλασσες Κεραμωτής και νήσος Θασοπούλα (GR1150001)

Η περιοχή αυτή αποτελεί βιότοπο NATURA. Είναι ένα μεγάλο Δέλτα και περιλαμβάνει κυρίως αγροτική γη και λίγες λιμνοθάλασσες γλυκού νερού που χωρίζονται από τη θάλασσα με στενές αμμώδεις λωρίδες. Κατά μήκος της πορείας του ποταμού, κοντά στις εκβολές, διατηρείται μια υπολειμματική έκταση του παλαιότερα εκτεταμένου ποτάμιου δάσους (δάσος Κοτζά Ορμάν), ενώ πλούσια βλάστηση και μεγάλη ποικιλία πανίδας συναντάται στο βόρειο τμήμα του ποταμού, σε απόκρημνους βραχώδεις σχηματισμούς. Ακόμα ένας σημαντικός τύπος οικοτόπου εντός της περιοχής, είναι οι καλαμιώνες κατά μήκος των καναλιών, ενώ στην περιοχή της Χρυσούπολης συναντώνται λίμνες με καλαμιώνες και νούφαρα.

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής του ποταμού Νέστου είναι επιχωματωμένο με αναχώματα αντιστήριξης, ώστε να διαχωρίζεται από της καλλιεργούμενη γη. Στο δυτικό άκρο του Δέλτα, δυτικά της πόλης της Κεραμωτής βρίσκονται οι παράκτιες λιμνοθάλασσες Κεραμωτής αλμυρού νερού. Στο σημείο αυτό, οι σημαντικότεροι οικοτόποι είναι οι μεγάλοι παράκτιοι

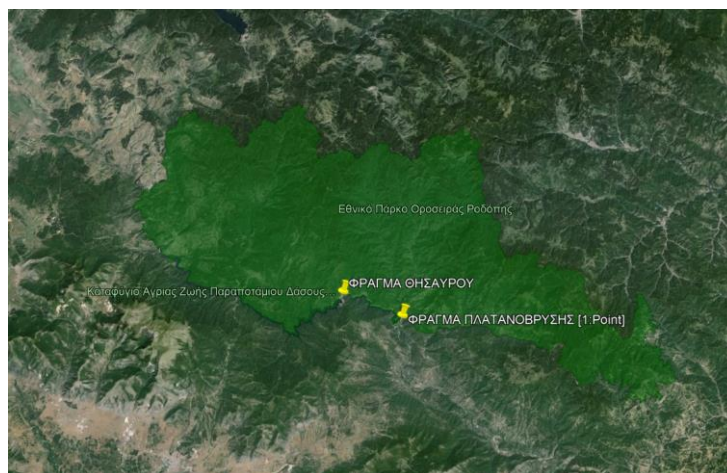
αμμόλοφοι, οι αλυκές, οι καλαμιώνες και τα στρώματα θαλάσσιας βλάστησης (αγγειόσπερμα φυτά).

Παράλληλα, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης καταγράφονται βιότοποι, οι οποίοι προστατεύονται από το κοινοτικό πρόγραμμα CORINE, το οποίο άρχισε να εκπονείται το 1985, στα πλαίσια της Ε.Ο.Κ., με στόχο της οργάνωση των πληροφοριών για την κατάσταση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Οι βασικότεροι βιότοποι πλησίον της περιοχής μελέτης είναι οι εξής:



Χάρτης 4: Χάρτης βιοτόπων προγράμματος CORINE στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

ο **Κεντρική Ροδόπη και άνω Νέστος – A00010011**



Εικόνα 14: Κεντρική Ροδόπη και άνω Νέστος – A00010011

Μια μεγάλη δασική έκταση, συνολικού εμβαδού 117.711,60 ha, ανάμεσα στον ποταμό Νέστο και στα βουλγαρικά σύνορα, στη ράχη της οροσειράς της Ροδόπης. Περιλαμβάνει το μεγάλο δάσος του Παρανεστίου (παρθένο δάσος στο Στραβόρεμα, Ζαγκραντένια), αλλά απαρτίζεται κυρίως από οξιές, πευκοδάση και με θαμνώδεις βελανιδιές στα χαμηλότερα υψόμετρα. Το βόρειο τμήμα είναι παρθένο δάσος εθνικής και ευρωπαϊκής σημασίας. Νοτιοανατολικά εμφανίζεται ένα δάσος σε μεγάλο υψόμετρο με Οξιά, Χτενοέλατο και Ερυθρελάτη. Δεδομένης της σημαντικότητας του βιοτόπου αξίζει να σημειωθεί η τρωτότητα της περιοχής, κυρίως λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Επιπλέον, αναγκαία κρίνεται η προστασία ειδών, όπως η καφέ αρκούδα, τα οποία χρίζουν μεγαλύτερης φροντίδας, απ' ό,τι μπορεί να παρέχει το Καταφύγιο Άγριας Ζωής Ποταμού Νέστου. Τέλος, σημαντικές πηγές ρύπανσης της περιοχής είναι οι μεγάλοι ταμιευτήρες και ο υδροηλεκτρικός σταθμός του Νέστου.

ο **Περιοχή Ελάτιās (Καρά Ντερέ) και γύρω κορυφές – Α00040004**



Εικόνα 15: Περιοχή Ελάτιās (Καρά Ντερέ) και γύρω κορυφές – Α00040004

Μια έκταση συνολικού εμβαδού 12.460,12 ha με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του βιοτόπου «Κεντρική Ροδόπη και άνω Νέστος – Α00010011». Στην περιοχή βρίσκονται εκτεταμένα δάση με Ερυθρελάτη και Οξιά. Υπάρχουν, ακόμα, σε πιο περιορισμένη έκταση, δάση με Δασική Πεύκη και Μαύρη Πεύκη. Στα περίχωρα υπάρχει δάσος με Σημίδα, που αποτελεί το μοναδικό στην Ελλάδα, ενώ παράλληλα, είναι το νοτιότερο δάσος στη Βουλγαρική χερσόνησο. Στην περιοχή του βιοτόπου υπάρχουν πολλά σπάνια φυτά, ενώ, επιπλέον, συναντώνται σπάνια είδη πουλιών, θηλαστικών και εντόμων.

ο **Παρθένο Δάσος Φρακτού (Ζγκραντένια) – Α00040003**



Εικόνα 16: Παρθένο Δάσος Φρακτού (Ζγκραντένια) – Α00040003

Ο βιότοπος ανήκει στο Νομό Δράμας και καταλαμβάνει συνολική έκταση 5002,85 ha. Παρουσιάζει, επίσης, παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των ανωτέρω βιοτόπων, καλυπτόμενο στο μεγαλύτερο μέρος του από δάση με κωνοφόρα και φυλλοβόλα δέντρα. Υπάρχουν δάση με Ερυθρελάτη, Μακεδονικό έλατο και Οξιά. Αυτά τα δάση δεν φαίνεται να έχουν υλοτομηθεί προσφαστα, γεγονός που συμβάλλει στην σταθερότητα και συντήρηση της άριστης κατάστασης του τόπου. Παράλληλα, συναντώνται ανοικτού χαρακτήρα λιβάδια και βραχώδεις ορεινοί γκρεμοί, όπου φυτρώνουν πολυάριθμα σπάνια φυτά.

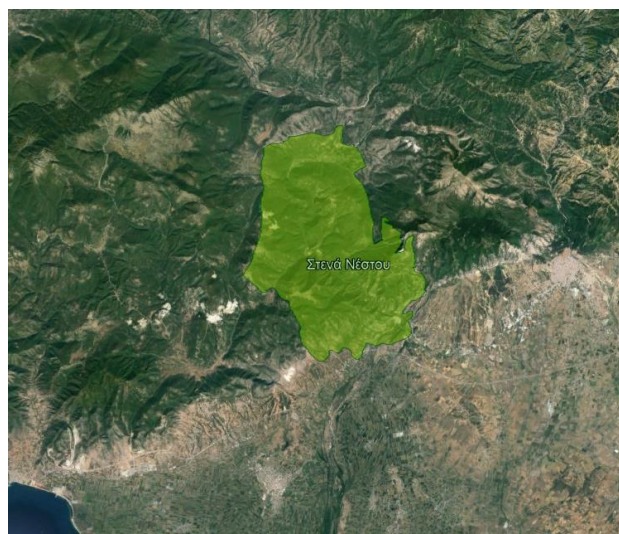
ο Όρος Χαϊντού, Όρος Κούλα και γύρω κορυφές – A00040002



Εικόνα 17: Όρος Χαϊντού, Όρος Κούλα και γύρω κορυφές – A00040002

Ο βιότοπος βρίσκεται στο Νομό Ξάνθης και καταλαμβάνει συνολική έκταση 16.295,89 ha. Η περιοχή καλύπτεται από δάση κωνοφόρων και φυλλοβόλων. Επιπλέον, εντός αυτής συναντώνται δάση Δασικής και Μαύρης πεύκης, ενώ σποραδικά εμφανίζονται Ερυθρελάτη και Μακεδονικό έλατο. Παράλληλα, καταγράφονται μικτά δάση με Οξιά και Βαλκανική οξιά, ξέφωτα, λιβάδια και ορεινοί γκρεμοί. Επίσης, η περιοχή έχει πολλά ρέματα και μικρά ποτάμια με ορμητικά και κρύα νερά, όπου κατοικούν πέστροφες. Παρόλο που η κατάσταση του τόπου είναι καλή, υπάρχει μία τάση προς αργή υποβάθμιση.

ο Στενά Νέστου και πηγές Παραδείσου – A00010010



Εικόνα 18: Στενά Νέστου και πηγές Παραδείσου – A00010010

Εντός του Νομού Καβάλας, σε μία έκταση 10.207,22 ha, βρίσκεται το μεγάλο στενό του ελικοειδούς ποταμού Νέστου. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι οι ψηλοί γκρεμοί, οι δασωμένες απότομες πλαγιές και τα παραποτάμια δάση. Η κατάσταση του τόπου είναι καλή, με τάση σταθερότητας και συντήρησης. Παράλληλα, κοντά στο χωριό Παράδεισος, βρίσκονται πηγές με σημαντικά είδη ψαριών. Το στενό αποτελεί καταφύγιο για σπάνια αρπακτικά πουλιά και θηλαστικά, όπως οι Βίδρες, ενώ εντός της περιοχής κατοικεί και η Καστανόχηνα.

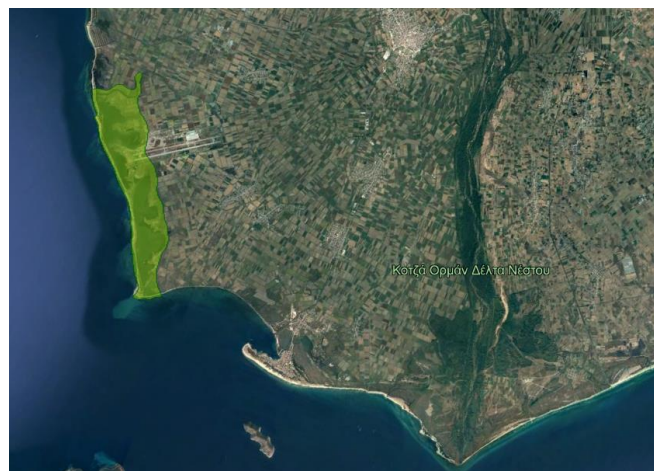
ο Δέλτα Νέστου και Λιμνοθάλασσα Γκουμπουρνού (Αγιάσματος) – Α00010007



Εικόνα 19: Δέλτα Νέστου και Λιμνοθάλασσα Γκουμπουρνού (Αγιάσματος) – Α00010007

Εντός του Νομού Καβάλας, συνολική έκταση 14.198,22 ha, βρίσκεται η εκβολή του ποταμού Νέστου. Στην περιοχή αυτή σχηματίζονται πολλές λιμνοθάλασσες με αλμυρόβαλτους, λίμνες γλυκού νερού, έλη, παραποτάμια δάση και φυτείες με λεύκες. Επιπλέον, υπάρχουν φυσικές λίμνες με καλαμιώνες. Στο σύνολό του, το Δέλτα του Νέστου είναι πολύ αλλοιωμένο. Κατέχει ορνιθολογική σημασία, αφού στην περιοχή αναπαράγονται τα είδη ερωδίων, παρυδάτιων πτηνών και γλαρονιών, ωστόσο, η σημαντικότητά του έχει ελαττωθεί, λόγω της έλλειψης προστασίας του. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερης σημασίας για τα μεταναστευτικά υδρόβια πτηνά και τους Κραυγαετούς που ξεχειμωνιάζουν εκεί.

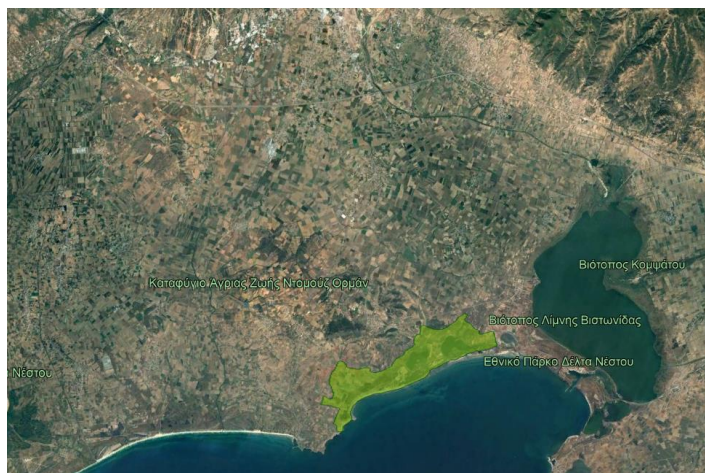
ο Λιμνοθάλασσα Γκουμπουρνού (Αγιάσματος) – Α00200025



Εικόνα 20: Λιμνοθάλασσα Γκουμπουρνού (Αγιάσματος) – Α00200025

Στο νότιο μέρος του Νομού Καβάλας, σε μία έκταση συνολικού εμβαδού 1253,48 ha, εκτείνεται η παράκτια λιμνοθάλασσα Γκουμπουρνού. Αυτή περιβάλλεται από αμμοθίνες, αμμώδεις ακτές, καλλιεργήσιμες εκτάσεις με κανάλια άρδευσης, καλαμιώνες και αλμυρόβαλτους. Ο συγκεκριμένος βιότοπος αποτελεί τμήμα των πολλών λιμνοθαλασσών που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του Δέλτα του Νέστου. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός για το φώλιασμα παρυδάτιων πουλιών και γλαρονιών. Αποτελεί, ακόμα, τόπο διαχείμανσης και σταθμό κατά τη μετανάστευση πολλών ειδών πουλιών. Η αξία του οικοτόπου έχει υποτιμηθεί μετά την κατασκευή αεροδρομίου, διωλιστηρίου, μεγάλης χωματερής και πολλαπλών αποστραγγιστικών έργων.

ο **Λίμνες Λάφρη και Λαφρούδα – Α00030018**

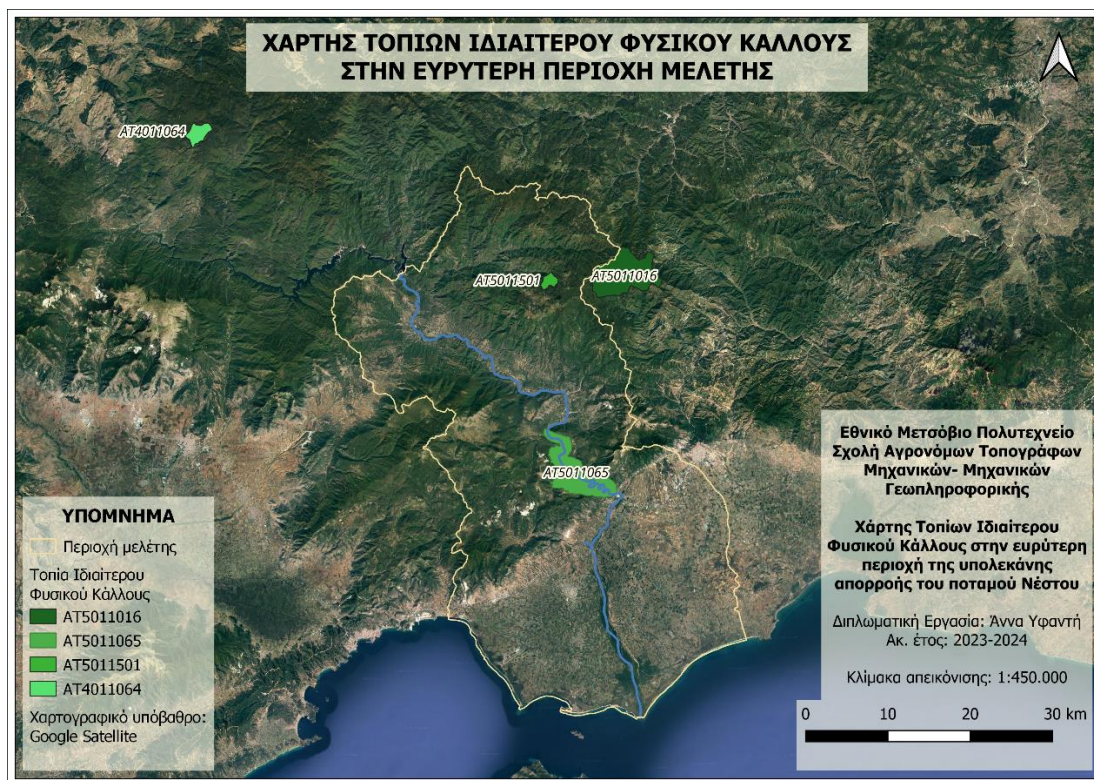


Εικόνα 21: Λίμνες Λάφρη και Λαφρούδα – Α00030018

Οι λίμνες Λάφρη και Λαφρούδα βρίσκονται στον νομό Ξάνθης και αποτελούν βιότοπο συνολικής έκτασης 1.562,58 ha. Είναι δύο παράκτιες λιμνοθάλασσες, που χρησιμοποιούνται σαν ιχθυοδεξαμενές. Περιβάλλονται από χερσοτόπους και αμμώδεις παραλίες, λασποτόπους και λιβάδια στις λοφοπλαγιές. Η περιοχή αυτή συνορεύει με τις αλυκές του Πόρτο-Λάγος και η κατάστασή της είναι ιδιαίτερα και ταχεία υποβαθμισμένη. Παράλληλα, έχουν αξία λόγω της μεγάλης ποικιλίας πουλιών, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ η εντατικοποίηση των υδατοκαλλιεργειών, η τουριστική ανάπτυξη, το έντονο κυνήγι και η υπερβόσκηση πλήττουν σημαντικά την περιοχή.

• **Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ)**

Επιπλέον, εντός της περιοχής μελέτης, αλλά και πολύ κοντά σε αυτή, βρίσκονται τέσσερα Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ), που είναι τόποι που διακρίνονται για την ιδιαίτερη αισθητική τους αξία και παραμένουν σε μεγάλο βαθμού φυσικοί, ακόμα και αν είναι δομημένοι. Συγκεκριμένα, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης βρίσκονται τα εξής:



Χάρτης 5: Χάρτης Τοπίων Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

❖ Καταρράκτης Λειβαδίτη – AT5011501

Στο Νομό Ξάνθης, σε μία έκταση συνολικού εμβαδού 270,04 ha βρίσκεται μία χαράδρα αξιοσημείωτης αισθητικής, πλησίον του χωριού Λειβαδίτης. Η περιοχή καλύπτεται από πυκνό δάσος οξείες και πλήθος άλλων δέντρων. Στο βάθος της, κυλάει το μικρό ποτάμι Μυλοπόταμος, που αποτελεί παραπόταμο του Αρκουδορέματος. Σε ένα σημείο σχηματίζεται ένας καταρράκτης, ύψους αρκετών δεκάδων μέτρων. Το τοπίο στο σύνολό του είναι ιδιαίτερα όμορφο, ενώ η πρόσβαση στο σημείο πραγματοποιείται από ένα χωματόδρομο (δασικό Γ' κατηγορίας), που κατεβαίνει έως ένα σημείο στη χαράδρα.

❖ Γυφτόκαστρο Ξάνθης – AT5011016

Αποτελεί το βορειότερο ορεινό τμήμα του Νομού Ξάνθης, καταλαμβάνοντας έκταση 3.255,33 ha. Περιλαμβάνει γυμνές βραχώδεις εκτάσεις κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του, ενώ είναι το ανώτερο τμήμα της λεκάνης του ποταμού Κόσυνθου. Η ιδιαιτερότητα του τοπίου έγκειται στους εντυπωσιακούς γεωλογικούς σχηματισμούς στο κεντρικό τμήμα της περιοχής (Μαυρόπετρα, Διαβολόρεμα) και στο ανατολικό τμήμα, πάνω από το χωριό Δημάριο. Επιπλέον, στις θέσεις Ασβεστόπουλος και Παπαδιά υπάρχουν νερόμυλοι και άλλα παλαιά ερειπωμένα κτίσματα. Στην περιοχή αυτή πιθανολογείται πως υπάρχουν κοιτάσματα χρυσού και ουρανίου. Η κατάσταση του τόπου παραμένει σταθερή και αναλλοίωτη για πολλά χρόνια, ενώ περιστασιακά εμφανίζεται εκεί η καφέ αρκούδα.

❖ Στενά Νέστου (Θρακικά Τέμπη) – AT5011065

Αποτελεί στενή κοιλάδα ή ευρύ φαράγγι, το οποίο διασχίζεται από τον ποταμό Νέστο. Βρίσκεται, στο μεγαλύτερο μέρος του, στο Νομό Ξάνθης, καταλαμβάνοντας έκταση 3.250,64 ha. Η ιδιαιτερότητα της περιοχής έγκειται στους έντονους μαιανδρισμούς του ποταμού, το εντυπωσιακό ανάγλυφο με τις απόκρημνες βραχώδεις περιοχές και τα σπήλαια. Η βλάστηση

που καλύπτει την περιοχή αποτελείται από σχηματισμούς αγριελιάς, αείφυλλα πλατύφυλλα, παραποτάμια βλάστηση, έως και φυλλοβόλα πλατύφυλλα και οξιά. Παράλληλα, συντηρείται μεγάλη ποικιλία πανίδας (πτηνά, θηλαστικά, αμφίβια και ψάρια). Στο σύνολό της, η περιοχή διατηρεί μεγάλη ποικιλία οικοσυστημάτων, σε εξαιρετική και αδιατάρακτη κατάσταση, γεγονός που της αποδίδει ιδιαίτερα υψηλή αισθητική αξία.

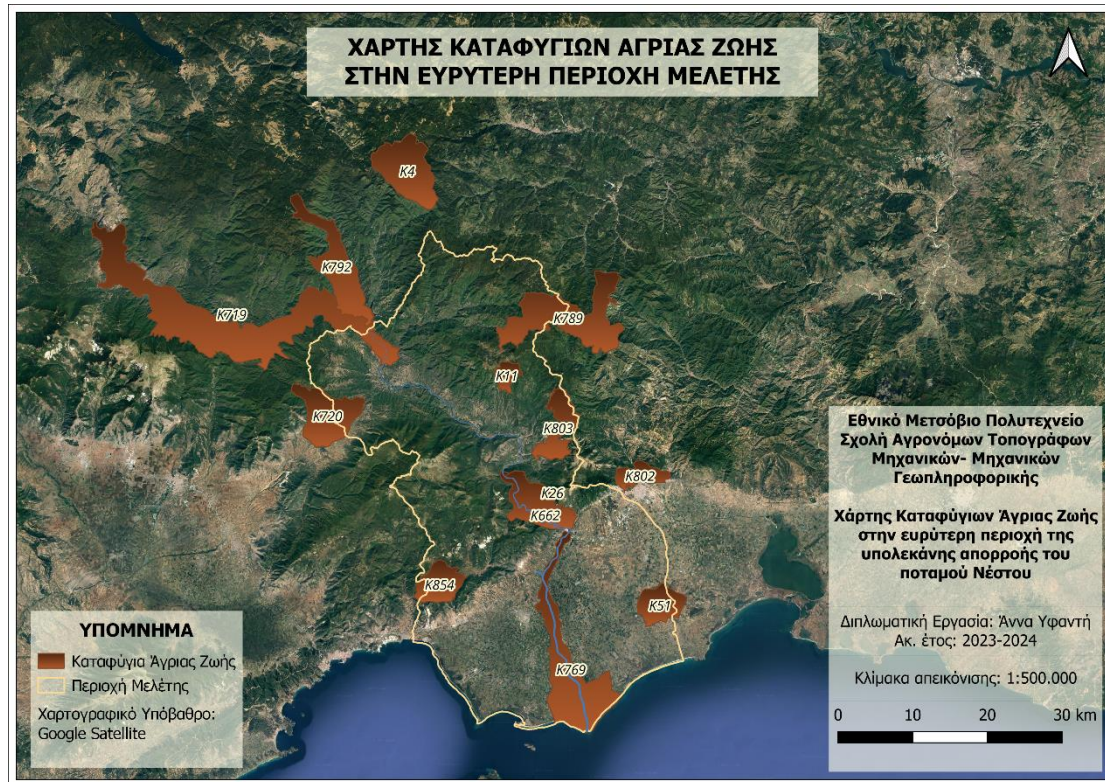
❖ Βουργιώτισσα-Κεφαλόσκαλα (Δάσος Σημύδας)

Το σημείο αποτελεί μέρος του δάσους Σημύδας της Ροδόπης σε μία έκταση 528,82 ha. Στην περιοχή βρίσκονται, ακόμα, τα είδη της ερυθρελάτης, της δασικής πεύκης και της οξιάς. Η θέα από το σημείο είναι περιορισμένη, λόγω της πυκνότητας του δάσους, ενώ η βασική αξία της περιοχής που οριοθετείται έγκειται στην εμφάνιση της σημύδας υπό τη μορφή συστάδων.

• Καταφύγια Άγριας Ζωής

Παράλληλα, στην ευρύτερη περιοχή μελέτης συναντάται ένας μεγάλος αριθμός Καταφύγιων Άγριας Ζωής, τα οποία έχουν οριοθετηθεί για την προστασία ποικίλων θηραμάτων που διαθέτουν. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ΚΑΖ που βρίσκονται πλησίον της περιοχής μελέτης:

- ΚΑΖ Κ4: Παρθένο Δάσος Σίλλης (Παρανεστίου), Απ. 81347/1513/4-5-1987, έκταση 52.360 στρ.
- ΚΑΖ Κ11: Τσανάκτερε (Καρυοφύτων), ΦΕΚ 392/25-5-89, έκταση 8.955,37 στρ.
- ΚΑΖ Κ26: Στενά Νέστου - Αριστερή Όχθη ποταμού Νέστου, ΦΕΚ 632/22-8-1994, έκταση 29.997,60 στρ.
- ΚΑΖ Κ51: Ντομούζ Ορμάν (Αβδήρων), Απ. 173346/2517/5-7-85, έκταση 24.518,83 στρ.
- ΚΑΖ Κ662: Στενά Νέστου, ΦΕΚ 132/27-3-86, έκταση 24.114,670 στρ.
- ΚΑΖ Κ719: Ποταμού Νέστου, ΦΕΚ 1213/2/31-8-2005, έκταση 191.976,75 στρ.
- ΚΑΖ Κ720: Πλατανιάς, Πτελέας (Πρινολόφου - Μαυροκορδάτου), ΦΕΚ 1213/2/31-8-2005, έκταση 45.738,14 στρ.
- ΚΑΖ Κ769: Κοτζά Ορμάν Νέστου Δήμου Τοπίου, έκταση 87.413,13 στρ.
- ΚΑΖ Κ789: Δρυμού Δήμου Σταυρούπολης, ΦΕΚ 448/16-5-77, έκταση 81.004,19 στρ.
- ΚΑΖ Κ792: Αετοράχη Παρανεστίου, ΦΕΚ 1213/2/31-8-2005, έκταση 52.959,41 στρ.
- ΚΑΖ Κ802: Παναφιάς Καλάμους Ταξιαρχών Δήμου Ξάνθης, ΦΕΚ 893/7-7-76, έκταση 15.934,26 στρ.
- ΚΑΖ Κ803: Γέρακα - Ωραίου και Δήμου Σταυρούπολης, Απ. 158255/2815/29-6-84, έκταση 26.019,86 στρ.
- ΚΑΖ Κ854: Καστενέ Νταγ Δήμου Ορεινού, ΦΕΚ 625/25-5-2001, έκταση 25.293,18 στρ.

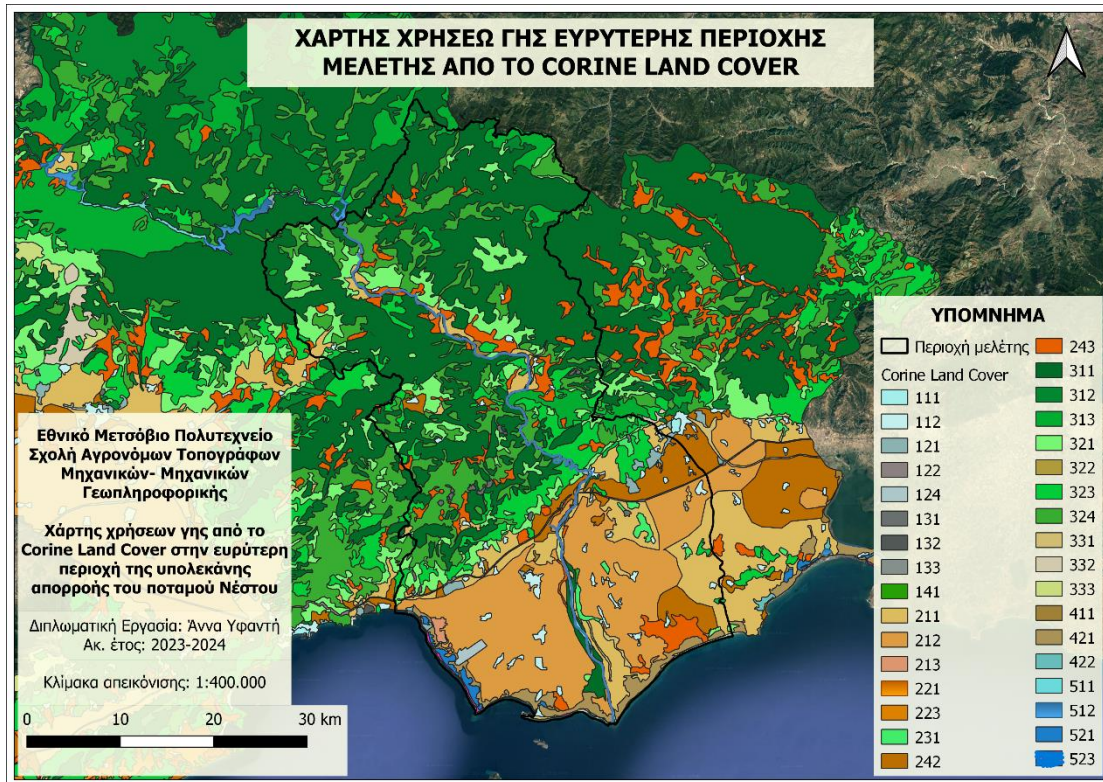


Χάρτης 6: Χάρτης Καταφυγίων Άγριας Ζωής ευρύτερης περιοχής μελέτης

2.10. Ισχύουσες χωροταξικές, πολεοδομικές και λοιπές ρυθμίσεις – Χρήσεις γης

Η περιοχή μελέτης καλύπτεται στο σύνολό της από τους εξής έξι Δήμους: Παρανεστίου, Ξάνθης, Νέστου, Τοπείρου και Αβδήρων (Χάρτης 2). Για το Δήμο Ξάνθης, το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη δόμηση είναι το νέο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (Γ.Π.Σ.), που εγκρίθηκε στις 9-12-2010 (ΦΕΚ 529/ΔΑΠ), όπως τροποποιήθηκε σύμφωνα με το ΦΕΚ.174/ΑΑΠ/22-5-2013. Για το Δήμο Νέστου λήφθηκαν υπόψη το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Χρυσούπολης (Γ.Π.Σ. του Ν. 1337/1983) και η μελέτη Γ.Π.Σ. της Δ.Ε. Χρυσούπολης (Γ.Π.Σ. του Ν.2508/1997), ενώ για τους υπόλοιπους Δήμους αναμένεται να ολοκληρωθεί η Δράση RSO5.2.γ, που περιλαμβάνει τη σύνταξη Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων, καθώς και τις απαραίτητες μελέτες για την εφαρμογή τους, σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο.

Στο χάρτη 7 παρουσιάζονται οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με το Πρόγραμμα Corine Land Cover 2018.



Χάρτης 7: Χάρτης Χρήσεων Γης ευρύτερης περιοχής μελέτης από το Corine Land Cover

Πίνακας 8: Υπόμνημα κωδικών Corine Land Cover

Κωδικός	Περιγραφή Corine Land Cover
111	Συνεχής Αστικός Ιστός
112	Ασυνεχής αστικός ιστός
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και σχετικές εκτάσεις
124	Αεροδρόμιο
131	Χώροι εξόρυξης ορυκτών
132	Χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων
133	Εργοτάξια
141	Περιοχές αστικού πρασίνου
211	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
212	Μόνιμα αρδευόμενη γη
213	Ρυζοκαλλιέργειες
221	Αμπελώνες
223	Ελαιώνες
231	Βοσκότοποι
242	Σύνθετα πρότυπα καλλιέργειας
243	Γη κατεχόμενη κυρίως από τη γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
311	Δάσος πλατύφυλλων

312	Δάσος κωνοφόρων
313	Μικτό δάσος
321	Φυσικό λιβάδι
322	Βάλτοι και ερημότοποι
323	Σκληροφυλλική βλάστηση
324	Μεταβατικό δάσος-θάμνος
331	Παραλίες - αμμόλοφοι - άμμοι
332	Γυμνό έδαφος
333	Περιοχές με αραή βλάστηση
411	Βάλτοι της ενδοχώρας
421	Εσωτερικά έλη
422	Αλυκές
511	Υδάτινες διαδρομές
512	Υδάτινα σώματα
521	Παράκτιες λιμνοθάλασσες
523	Θάλασσα και ωκεανός

2.11. Φράγματα ποταμού Νέστου

Εντός της λεκάνης απορροής του ποταμού συναντώνται συνολικά τρία φράγματα. Το πρώτο έργο που κατασκευάστηκε, όμως δεν κατάφερε να ολοκληρωθεί, ήταν το φράγμα των Τοξοτών (1960–1966). Αποτελεί ένα ρυθμιστικό αρδευτικό φράγμα 280 μέτρων, που βρίσκεται στο λαιμό του δέλτα, βοηθώντας την εκτροπή του νερού προς το ανατολικό και δυτικό τμήμα του αρδευτικού δικτύου. Στη συνέχεια, κατά τη χρονική περίοδο 1971–1972 θεωρήθηκε σκόπιμη η κατασκευή τριών ανάντη φραγμάτων, με το αρχικό σχέδιο να ορίζει τη δημιουργία των αντίστοιχων υδροηλεκτρικών σταθμών, δύο εκ των οποίων θα ήταν και αναστρέψιμοι – αντλητικοί. Αυτοί οι σταθμοί ήταν ο Θησαυρός, η Πλατανόβρυση και ο σταθμός Τεμένους. (Τσουκαλάς, 2012)

Τα υδροηλεκτρικά αυτά έργα είχαν στόχο την εξασφάλιση νερού για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης και άρδευσης της περιοχής, ιδίως σε περιόδους ξηρασίας, καθώς και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το ΥΗΕ Θησαυρού αποτελεί το έργο κεφαλής του συστήματος των υδροηλεκτρικών έργων, το οποίο ρυθμίζει τις υπερετήσεις και ετήσιες απορροές του ποταμού. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα greekscapes (αεροφωτογραφικός άτλαντας ελληνικών τοπίων), το ύψος του φτάνει τα 175 μ., γεγονός που το καθιστά ένα από τα ψηλότερα γεωφράγματα της Ευρώπης. Η τεχνητή λίμνη που δημιουργείται εισχωρεί στις κοιλάδες του ποταμού ανάντι του φράγματος έως τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα, συγκρατώντας μία ποσότητα νερού της τάξης των 700.000.000 κυβικών μέτρων. Το ΥΗΕ Πλατανόβρυσης αποτελεί τη βαθμίδα ανάπτυξης κατάντη του ΥΗΕ Θησαυρού. Είναι φράγμα σκυροδέματος και άρχισε να λειτουργεί το 1999. Η τεχνητή λίμνη που δημιουργείται συγκρατεί ποσότητα νερού της τάξης των 90.000.000 κ.μ. Τα δύο φράγματα λειτουργούν συμπληρωματικά ως ενιαίο σύστημα. Ο ταμιευτήρας Πλατανόβρυσης βοηθά τη λειτουργία των μονάδων του Θησαυρού, ως αντλητικών, αποδίδοντας ενέργεια αιχμής. Το ΥΗΕ Τεμένους είναι ένα έργο ημερήσιας αναρρόθμισης των απορροών από τα έργα Θησαυρού και Πλατανόβρυσης, ώστε να ικανοποιείται η συνεχής απαίτηση παροχής ακόμα και τις ξηρές περιόδους.

α) Η συμφωνημένη ποσότητα παροχής νερού (29%) κρίνεται ανεπαρκής για τις ανάγκες λειτουργίας των ελληνικών φραγμάτων, γεγονός που σημαίνει πως μέρος της ζήτησης νερού για άρδευση ή παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας ενδέχεται να μείνει ανεκπλήρωτο σε μία συνθήκη εφαρμογής της συμφωνίας.

β) Λόγω της αυξημένης βιομηχανικής δραστηριότητας, αλλά και της ανεπαρκούς διαχείρισης των αποβλήτων στα Βουλγαρικά εδάφη, δημιουργούνται πολύ υψηλά επίπεδα ρύπανσης των υδάτων που καταλήγουν στην Ελλάδα. Αποτέλεσμα αυτού είναι διακινδύνευση της ελληνικής αγροτικής παραγωγής αλλά και η αδυναμία διατήρησης των οικοσυστημάτων.

Κεφάλαιο 3^ο: Ανάπτυξη υδρολογικού και διαχειριστικού μοντέλου του ποταμού Νέστου – Διαδικασία επεξεργασίας & προσαρμογής δεδομένων

3.1. Λεκάνη Απορροής Νέστου – Οριοθέτηση υπολεκάνης απορροής

Η λεκάνη απορροής του Νέστου καταλαμβάνει συνολική έκταση περίπου 2.975 km² εντός της Ελλάδας και εκτείνεται εκατέρωθεν της κύριας ροής του ποταμού, από την περιοχή των ποταμών Δράμας έως και την περιοχή του δέλτα του Νέστου. Αποτελείται κυρίως από δύσβατες ορεινές και ημιορεινές εκτάσεις, με έντονες εναλλαγές υψομέτρου, ενώ στο νότιο τμήμα της βρίσκεται η πεδινή κοιλάδα του Νέστου, που διακρίνεται για την ευφορία της λόγω του σχηματισμού Δέλτα του Νέστου πλησίον της εκβολής του. Για τις απαιτήσεις της μελέτης και μοντελοποίησης της περιοχής, χρησιμοποιήθηκε τμήμα της λεκάνης απορροής του Νέστου, συνολικής έκτασης περίπου 1.737km². Το τμήμα που επιλέχθηκε για την παρούσα μελέτη εκτείνεται από το φράγμα της Πατανόβρυσης (βόρειο τμήμα) έως και τις εκβολές του ποταμού στο Θρακικό Πέλαγος και κρίθηκε πως εξυπηρετεί σε καλύτερο βαθμό τις απαιτήσεις των υπολογισμών των απολήψεων του ποταμού.

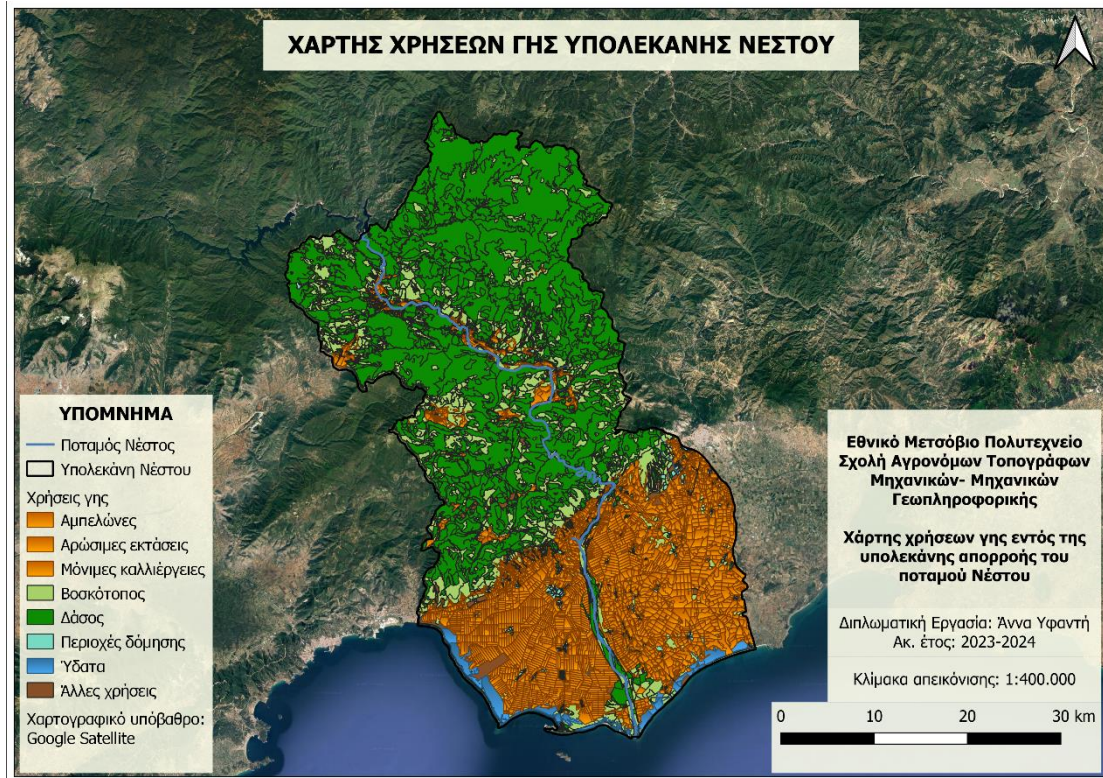


Εικόνα 23: Απεικόνιση Λεκάνης Απορροής Νέστου και της περιοχής μελέτης(τμήμα λεκάνης απορροής) σε περιβάλλον QGIS

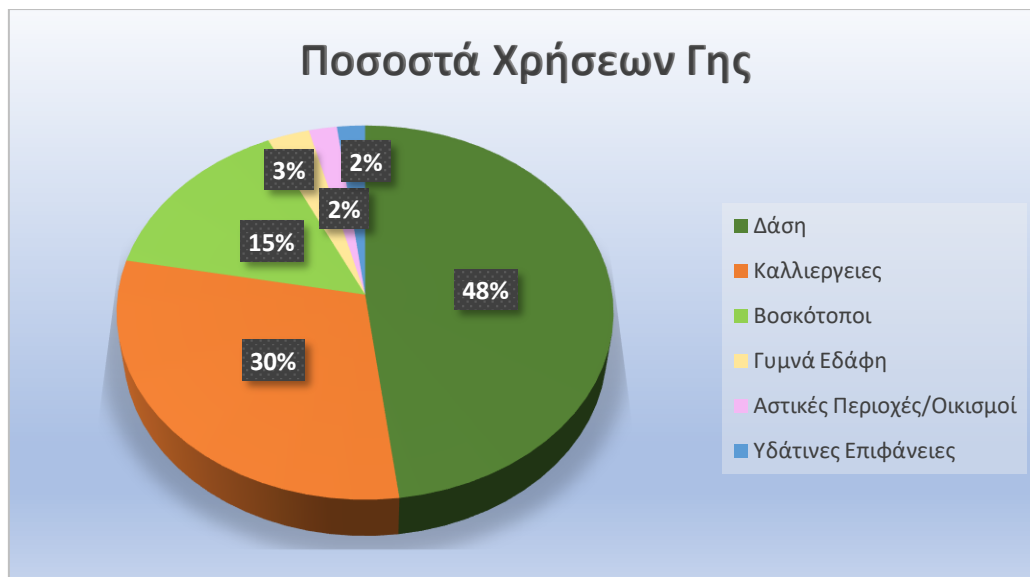
3.2. Χρήσεις Γης

Το τμήμα της λεκάνης απορροής τέθηκε ως όριο για την εύρεση των χρήσεων γης, αλλά και για τις εκτιμήσεις των αναγκών σε νερό για τις διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα δεδομένα του ΟΠΕΚΕΠΕ μετά από επεξεργασία, η περιοχή απαρτίζεται κατά ~48% από Δασικές Εκτάσεις με συγκόμωση $\geq 50\%$, κατά ~30% από καλλιέργειες, ενώ ένα ποσοστό ~15% της περιοχής αποτελεί βοσκοτόπους και δάση με

συγκόμωση < 50%. Παράλληλα, μόλις το ~3% αποτελεί έκταση γυμνών εδαφών, ενώ ~2% της υπολεκάνης αφορά σε αστικές περιοχές με πυκνή δόμηση ή χωριά και οικισμούς με αραιή δόμηση. Η σχετική απεικόνιση των χρήσεων γης πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον GIS.



Χάρτης 8: Χάρτης χρήσεων γης της υπολεκάνης Νέστου



Σχήμα 3: Ποσοστά χρήσεων γης εντός της υπολεκάνης απορροής Νέστου

3.3. Επιφανειακή και Υπόγεια Απορροή

Η εκτίμηση της ποσότητας επιφανειακού νερού που απορρέει στην περιοχή μελέτης, πραγματοποιήθηκε μέσω των δεδομένων υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα της Πλατανόβρυσης, από στοιχεία που παραχώρησε η ΔΕΗ. Συγκεκριμένα, για το χρονικό διάστημα 2008 – 2021 συλλέχθηκαν τα ημερήσια στοιχεία εκροής από το φράγμα, τα οποία χωρίζονταν στις κατηγορίες οικολογικής, αρδευτικής, ενεργειακής εκροής και υπερχειλίσης. Παράλληλα, δίνονταν και οι μετρήσεις της φυσικής εισροής του ταμιευτήρα της Πλατανόβρυσης, με αποτέλεσμα να μπορούν να υπολογιστούν τα μεγέθη της Συνολικής εισροής και Συνολικής εκροής. Αξίζει να σημειωθεί, πως δεδομένης της κατηγοριοποίησης των μεγεθών εκροής, ήταν δυνατή η άμεση εκτίμηση των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για αρδευτική χρήση κατά το χρονικό διάστημα της αρδευτικής περιόδου. Η επεξεργασία του συνόλου των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον επεξεργασίας λογιστικών φύλλων και έγινε αρχικά σε ετήσια βάση, ενώ στη συνέχεια υπολογίστηκαν μέσοι όροι των μεγεθών εκροής για κάθε μήνα. Με βάση το μέσο όρο ετήσιας εκροής, βρέθηκε η μέση παροχή νερού ίση με περίπου 3,23 m/s, όπως εισέρχεται στην περιοχή μελέτης και υδροδοτεί τις διάφορες χρήσεις.

Για τον προσδιορισμό του υπόγειου υδατικού συστήματος χρησιμοποιήθηκε η τεχνική έκθεση «Χαρακτηρισμός και Αξιολόγηση/Ταξινόμηση της κατάστασης των υπογείων υδατικών συστημάτων» για το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης, της 1^{ης} Αναθεώρησης Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (2017). Σύμφωνα με το σχέδιο, η συνολική φυσική ανατροφοδότηση του υπόγειου υδατικού συστήματος είναι της τάξης των $75 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, η οποία αναλύεται περεταίρω σε $45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από την κατείδουση ποσότητα νερού και σε $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ από τις πλευρικές διηθήσεις του ποταμού αλλά και των ανάντη καρστικών σχηματισμών. Η δειγματοληψία, με βάση την οποία βρέθηκαν οι ποσότητες νερού του υπόγειου υδατικού συστήματος, πραγματοποιήθηκε από περίπου 10 σημεία παρατήρησης (γεωτρήσεις), εκ των οποίων 5 αποτελούν τα πιο αντιπροσωπευτικά σημεία και εντάσσονται στο δίκτυο παρακολούθησης. Επίσης, πραγματοποιείται μία εκτίμηση των αναγκών κάθε χρήσης από το υπόγειο υδατικό σύστημα, ενώ συμπεραίνεται πως οι ανάγκες και οι αντλήσεις αυτές είναι μικρότερες από τα ετησίως ανανεώσιμα αποθέματα νερού και ως εκ τούτου, δεν επηρεάζουν τα συνδεδεμένα επιφανειακά συστήματα ή τα χερσαία οικοσυστήματα.

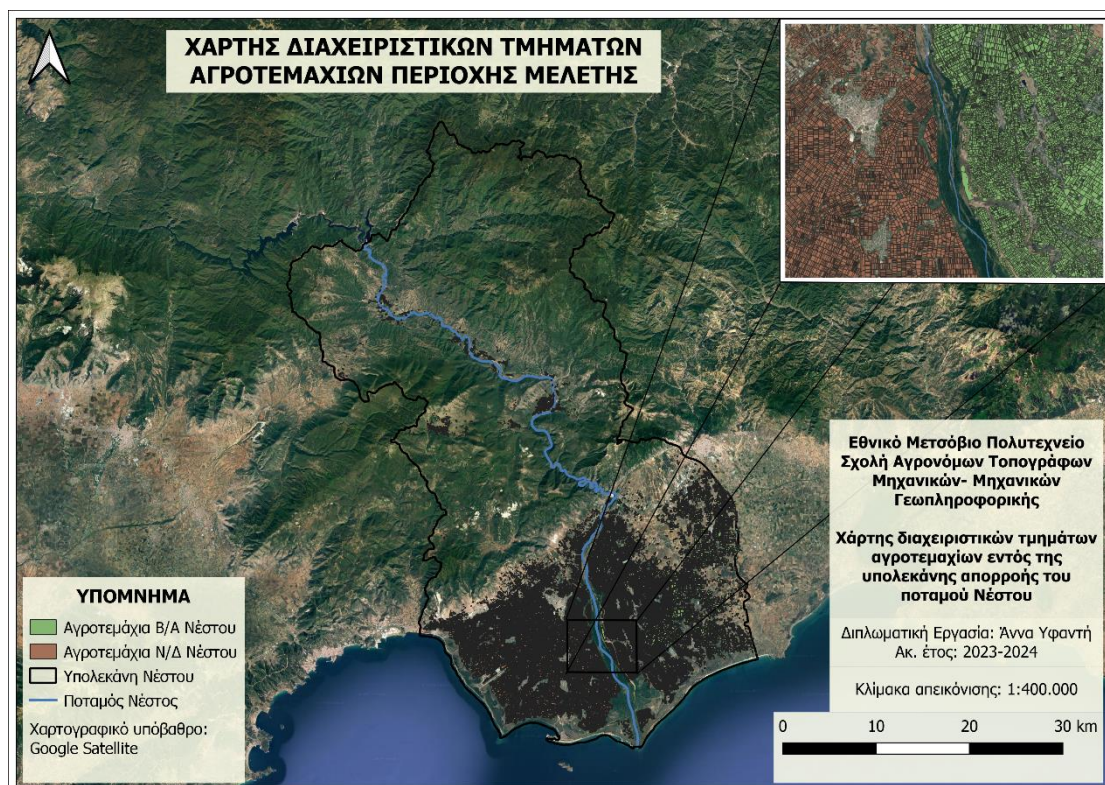
3.4. Εκτίμηση αρδευτικών απολήψεων

Ο υπολογισμός των αρδευτικών απολήψεων πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την απλουστευτική λογική του διαχωρισμού της περιοχής μελέτης σε δύο τμήματα: το βορειοανατολικό, που οριοθετείται από τον ποταμό και τα ανατολικά όρια του διαχειριστικού τμήματος και το νοτιοδυτικό, που βρίσκεται αντίστοιχα στη δυτική μεριά του ποταμού. Η λογική αυτή εξετάστηκε, προκειμένου να υπάρχει καλύτερη χωρική κατανομή και να γίνει τμηματικά ο υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών σε νερό. Παράλληλα, λειτούργησε επικουρικά στη δημιουργία του υδατικού μοντέλου, συνεισφέροντας στη διαχειριστική λειτουργία του, αφού κρίθηκε αναγκαίος ο διαχωρισμός των αγροτικών εκτάσεων με βάση τα φυσικά σύνορα του ποταμού, ώστε να αποφευχθεί η παραδοχή τους ως ενιαία έκταση. Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν δύο θεματικά επίπεδα με τη χωρική πληροφορία των καλλιεργειών ανά τμήμα, όπως φαίνεται στην παρακάτω απεικόνιση. Η συνολική έκταση των

καλλιεργειών στο Β/Α τμήμα της υπολεκάνης υπολογίστηκε περίπου 113.425 στρέμματα, ενώ στο Ν/Δ τμήμα περίπου 111.124 στρέμματα. Κύριο μέρος των δύο διαχειριστικών τμημάτων αποτέλεσε η κοιλάδα του Νέστου, όπου παρατηρείται περίπου το 95% της αγροτικής δραστηριότητας.



Εικόνα 24: Απεικόνιση των δύο διαχειριστικών τμημάτων αγροτεμαχίων σε περιβάλλον QGIS



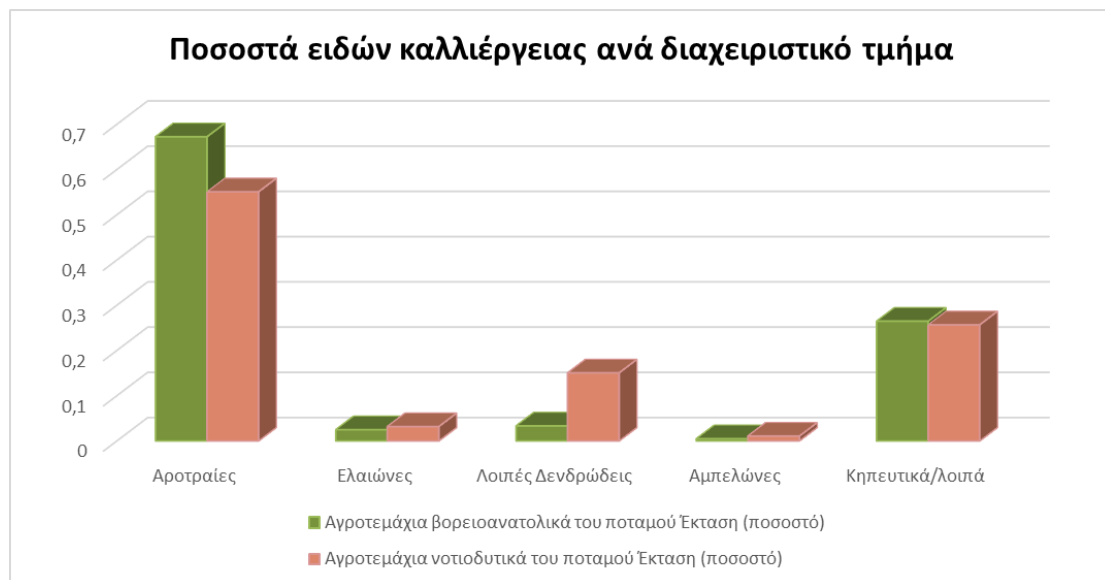
Χάρτης 9: Χάρτης διαχειριστικών τμημάτων αγροτεμαχίων περιοχής μελέτης

Μετά το διαχωρισμό των δύο τμημάτων, ακολούθησε η διαδικασία ομαδοποίησης των καλλιεργειών ανά είδος, προκειμένου να προκύψουν πέντε συγκεκριμένες ομάδες καλλιεργειών, που θα περιλάμβαναν όλες τις αρδευόμενες εκτάσεις αγροτεμαχίων. Οι κατηγορίες αυτές ήταν οι εξής: Αροτραίες καλλιέργειες, Ελαιώνες, Λοιπές Δενδρώδεις εκτάσεις, Αμπελώνες, Κηπευτικά/λοιπά. Τα ποσοστά επί των συνολικών εκτάσεων κάθε

τμήματος φαίνονται στον Πίνακα 9, όπως προέκυψαν από την ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων στο περιβάλλον του GIS.

Πίνακας 9: Ποσοστά εκτάσεων ανά είδος καλλιέργειας, σύμφωνα με την επεξεργασία δεδομένων στο περιβάλλον του QGIS

Είδος Καλλιέργειας	Αγροτεμάχια βορειοανατολικά του ποταμού	Αγροτεμάχια νοτιοδυτικά του ποταμού
	Έκταση (ποσοστό)	Έκταση (ποσοστό)
Αροτραίες	0,67	0,55
Ελαιώνες	0,02	0,03
Λοιπές Δενδρώδεις	0,03	0,15
Αμπελώνες	0,004	0,01
Κηπευτικά/λοιπά	0,26	0,26



Σχήμα 4: Ποσοστά ειδών καλλιέργειας ανά διαχειριστικό τμήμα

3.4.1 Μέθοδος Εκτίμησης Αρδευτικών Αναγκών

Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό αποτελούν τη βασικότερη παράμετρο, τόσο για τον προγραμματισμό και το σχεδιασμό αρδευτικών έργων (Τσακίρης, 1991), όσο και για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, καθότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό υδατικών απολήψεων καταλήγει σε γεωργική χρήση. Ο όρος ανάγκες σε αρδευτικό νερό αναφέρεται στο ύψος σε νερό, το οποίο απαιτείται να χορηγηθεί στις καλλιέργειες με άρδευση, επιπλέον του νερού που συνεισφέρεται με άλλους τρόπους (π.χ. βροχόπτωση) για την κανονική τους ανάπτυξη. Στις υδατικές ανάγκες περιλαμβάνονται η ποσότητα νερού που απορροφάται από τις καλλιέργειες (διαπνοή), η ποσότητα νερού που εξατμίζεται από το έδαφος ή τα υγρά μέρη του φυτού, οι απώλειες κατά τη διαδικασία, καθώς και η ποσότητα που απαιτείται για την έκπλυση των αλάτων και άλλες λειτουργίες (Τσακίρης, 1991). Προκειμένου να εκτιμηθούν οι αρδευτικές ανάγκες σε νερό, απαραίτητη είναι η χρήση κλιματικών και γεωγραφικών δεδομένων, πληροφοριών σχετικά με την καλλιέργεια, τον αγρό και το έδαφος, καθώς και λεπτομέρειες της διαχείρισης του νερού, της μεθόδου και της έκτασης άρδευσης.

Οι αρδευτικές ανάγκες μίας έκτασης αναφοράς συνδέονται άμεσα με την παράμετρο της εξατμισοδιαπνοής, μεγέθους που αναφέρεται στις απώλειες νερού που επιτυγχάνονται μέσω της εξάτμισης, από την επιφάνεια του εδάφους και των φυτών, παράλληλα με την απώλεια νερού από τη διαδικασία της διαπνοής. Με τον όρο δυνητική εξατμισοδιαπνοή γίνεται αναφορά στην ποσότητα εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται σε ορισμένο χρονικό διάστημα από μία χαμηλή πράσινη βλάστηση, που καλύπτει εντελώς το έδαφος, ομοιόμορφου ύψους και με επάρκεια εδαφικού νερού (Penman, 1950).

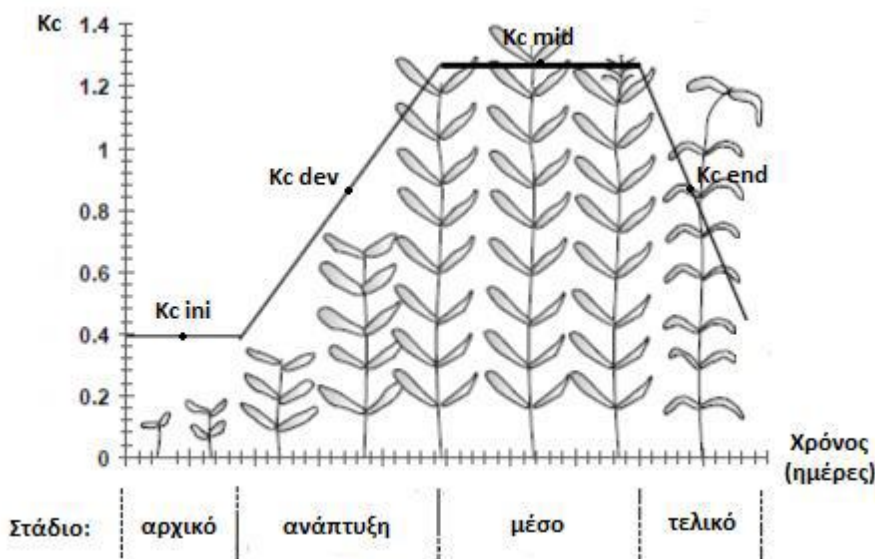
3.4.2 Εμπειρική μέθοδος εκτίμησης εξατμισοδιαπνοής – Blaney-Criddle

Για την εκτίμηση του μεγέθους της εξατμισοδιαπνοής, υπάρχει η δυνατότητα άμεσης μέτρησης αλλά και έμμεσης εκτίμησης. Στις έμμεσες μεθόδους εκτίμησης συγκαταλέγονται απλοποιημένες εμπειρικές μέθοδοι θεώρησης, οι οποίες απαιτούν πολύπλοκους υπολογισμούς, αλλά και πολλά δεδομένα εισόδου. Από τις μεθόδους αυτές, επιλέχθηκε για την παρούσα εργασία, η χρήση της μεθόδου Blaney-Criddle (Τροποποιημένη κατά FAO-24), η οποία, γενικότερα, έχει επικρατήσει στην Ελλάδα, λόγω των απλουστευμένων τύπων για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής. Η παραδοχή που απαιτείται για τη χρήση της, αφορά στις παραμέτρους των μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών και των μέσω μηνιαίων ποσοστών των ωρών ημέρας του έτους, για μια δυναμικά αναπτυσσόμενη καλλιέργεια, υπό συνθήκες επαρκούς εδαφικής υγρασίας. Κατά τη μέθοδο αυτή η μηνιαία κατανάλωση των φυτών σε νερό εκφράζεται από τη σχέση:

$$U = Kc \cdot ETr \quad [\text{mm/day}] \quad (1)$$

Όπου Kc είναι ο φυτικός συντελεστής η τιμή του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με τη διάρκεια του κύκλου ζωής του φυτού.

Οι βασικές μεταβλητές επιρροής του μεγέθους αυτού είναι το είδος και η ποικιλία της καλλιέργειας, η διάπλαση του φυτού (ριζικό σύστημα, κορμός και φύλλωμα), η δυνατότητα εξάτμισης από την επιφάνεια, ενώ σημαντικό ρόλο έχουν και οι κλιματικές συνθήκες. Ο κύκλος ζωής μίας καλλιέργειας διαιρείται σε τέσσερα στάδια: το αρχικό, το στάδιο ανάπτυξης, το μέσο στάδιο και το τελικό. Για καθένα από τα στάδια αυτά, αποδίδεται μία τιμή του συντελεστή Kc . Στην παρακάτω απεικόνιση φαίνεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα μεταβολής της τιμής του φυτικού συντελεστή, σε συνάρτηση με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Τα στοιχεία του συντελεστή Kc προέρχονται από την οδηγία FAO 24 (Allen et al., 1998). Αφορούν τους μηνιαίους φυτικούς συντελεστές αρδευόμενων καλλιεργειών ανά κατηγορία, με την αρδευτική περίοδο των καλλιεργειών να ξεκινά τον Απρίλιο και να διαρκεί 6 μήνες. Ο φυτικός συντελεστής Kc καθίσταται αναγκαίος για το διαχωρισμό της εξατμισοδιαπνοής μιας οποιασδήποτε καλλιέργειας από την καλλιέργεια αναφοράς.



Εικόνα 25: Τυποποιημένη μεταβολή του φυτικού συντελεστή K_c για τα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού (Πηγή: Allen et al., 1998)

Το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής ET_r μετράται σε χιλιοστά νερού ανά μέρα [mm/day] και σύμφωνα με τη μέθοδο Blaney – Criddle μπορεί να υπολογιστεί μέσω των εξής εξισώσεων:

$$ET_r = a + b \cdot f \quad (2) \quad \text{και}$$

$$f = p \cdot (0,46 \cdot T + 8) \quad (3)$$

Ο συντελεστής f αφορά σε κλιματικό παράγοντα και ορίζεται σε mm/d, το ποσοστό ημέρας p αφορά στη συνολική ετήσια διάρκεια των ωρών της ημέρας και προκύπτει ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής και βρίσκεται αν οι τιμές του πίνακα αναφοράς πολλαπλασιαστούν με τον αριθμό ημερών κάθε μήνα, ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται η μέση θερμοκρασία του μήνα σε βαθμούς Κελσίου T . Ο συντελεστής a εκτιμάται μέσω του τύπου $a = 0,0043 \cdot Rh_{min} - n/N - 1,41$ (4) και για τον υπολογισμό του χρησιμοποιούνται τα δεδομένα σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα [%] και μέσης πιθανής ηλιοφάνειας [%]. Ο συντελεστής b βρίσκεται μέσω πίνακα, ως συνάρτηση του ποσοστού ηλιοφάνειας n/N , τις ελάχιστες σχετικής υγρασίας Rh_{min} και της ταχύτητας του ανέμου U (m/s).

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι συγκεκριμένοι υπολογισμοί, χρησιμοποιήθηκαν τα κλιματικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Χρυσούπολης από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Τα δεδομένα αυτά, αναφέρονταν στην ευρύτερη περιοχή της Καβάλας και συνεπώς αποτελούσαν μία καλή προσέγγιση για την περιοχή της υπολεκάνης.

Τα αναγκαία δεδομένα συμπληρώνει το μέγεθος της ωφέλιμης (ενεργούς) βροχόπτωσης, που αφορά στο μέσο μηνιαίο ποσοστό ζήτησης νερού που καλύπτεται από τη βροχόπτωση. Η ωφέλιμη βροχόπτωση P_{eff} υπολογίζεται με βάση το μηνιαίο ύψος νετόπτωσης με τους τύπους της USDA Soil Conservation Service (USDA, 1970 & Dastane, 1974), ως εξής:

$$P < 250 \text{ mm} \quad P_{eff} = P \cdot (125 - 0,2 \cdot P) / 125 \quad (5)$$

και

$$P > 250 \text{ mm} \quad P_{eff} = 125 + 1/10 \cdot P \quad (6)$$

όπου: P η μηνιαία νετόπτωση

Στην παρούσα ανάλυση επιλέχθηκε το όριο των 250 mm, βάσει της μέγιστης μέσης μηνιαίας τιμής υετόπτωσης, που προέκυψε 229,5 mm. Επομένως, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος (5). Η σύνδεση του μεγέθους της ωφέλιμης βροχόπτωσης με την αναγκαία κατανάλωση των φυτών σε νερό έγινε μέσω της τιμής NIR (Net Irrigation Requirement), μέγεθος που εκτιμάει τις επιπλέον ανάγκες σε νερό των καλλιέργειών, που δεν καλύπτονται από τη μηνιαία βροχόπτωση. Υπολογίζεται σε mm, μέσω των εξής τύπων:

$$NIR = U - P_{\text{eff}} > 0 \quad NIR = U - P_{\text{eff}} \quad (7)$$

$$NIR = U - P_{\text{eff}} < 0 \quad NIR = U - 0 \quad (8)$$

Στις επιπλέον ανάγκες σε νερό συμπεριλαμβάνονται ορισμένοι συντελεστές απομείωσης προκειμένου να συμπεριληφθούν οι απώλειες του συστήματος μεταφοράς και διανομής, αλλά και εφαρμογής της άρδευσης. Έχοντας, πλέον, εκτιμήσει τις πραγματικές ανάγκες σε νερό κατά μήνα για κάθε είδος καλλιέργειας πραγματοποιείται η αναγωγή των τιμών ζήτησης στην έκταση κάθε καλλιέργειας διαφορετικού είδους, δίνοντας έτσι τις τελικές ετήσιες αρδευτικές ανάγκες σε Mm^3 , μέσω του τύπου $Q = NIR \cdot E / 103$ (9).

3.4.3 Προσαρμογή Μεθόδου εξατμισοδιαπνοής Blaney-Criddle στην περιοχή μελέτης

Προκειμένου να εφαρμοστεί η μέθοδος Blaney-Criddle, χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Χρυσούπολης από το 1984 έως το 2022. Τα δεδομένα αυτά τέθηκαν υπό επεξεργασία για την αναγωγή των μηνιαίων μέσων τιμών, προκειμένου να προκύψει τα μεγέθη της εξατμισοδιαπνοής και της ωφέλιμης βροχόπτωσης. Για τον προσδιορισμό των μηνιαίων φυτικών συντελεστών K_c χρησιμοποιήθηκε η οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου FAO – 24 (Allen et al., 1998) και για τις κατηγορίες καλλιεργειών που έχουν τεθεί (Πίνακας 9) οι συντελεστές αυτοί παίρνουν τις τιμές του παρακάτω πίνακα (Πίνακας 10):

Πίνακας 10: Μηνιαίοι Φυτικοί Συντελεστές K_c κατά FAO-24 (Allen et al., 1998)

Πίνακας Συντελεστών K_c					
ΜΗΝΑΣ	Αροτραίες	Ελαιώνες	Λοιπές Δενδρώδεις	Αμπελώνες	Κηπευτικά/λοιπά
ΙΑΝ	0,71				
ΦΕΒ	0,93				
ΜΑΡ	1,12				
ΑΠΡ	1,13				0,34
ΜΑΙΟΣ	0,68	0,35	0,6	0,4	0,66
ΙΟΥΝ		0,75	0,7	0,45	0,85
ΙΟΥΛ		1	1	0,6	0,5
ΑΥΓ		0,7	0,85	0,6	
ΣΕΠΤ		0,35	0,8	0,45	
ΟΚΤ					
ΝΟΕΜ	0,31				
ΔΕΚ	0,48				

Τα κλιματικά δεδομένα που έχουν ληφθεί για την περιοχή μελέτης από το Σταθμό της Χρυσούπολης, έπειτα από επεξεργασία, δίνουν τον εξής πίνακα (Πίνακας 11):

Πίνακας 11: Μηνιαίες τιμές κλιματικών δεδομένων Με βάση τα δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Χρυσούπολης

ΜΗΝΑΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ(m/s)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
1	2,365691071	5,636501013	68,25121572
2	2,606169879	6,536528934	65,35849258
3	2,785602684	9,114873729	55,49361979
4	2,546208778	13,51800656	44,52685001
5	2,404740459	18,63043677	35,2166557
6	2,092183928	22,83687133	26,1393832
7	2,077420689	25,49310484	22,6723868
8	2,151005567	25,40174421	23,25997431
9	2,212506207	21,0675547	28,10509284
10	2,162918664	15,80361934	35,38211473
11	2,132539018	11,11404506	51,05902416
12	2,232099398	7,041216877	61,22823173

ΜΗΝΑΣ	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (hPa)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ Ρ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΜΕΡΩΝ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ [n/N]
1	1018,480043	47,63947368	0,420868347
2	1017,339148	46,50789474	0,415979318
3	1015,713731	40,80789474	0,416998068
4	1013,274022	33,88378378	0,459268293
5	1013,291026	34,02702703	0,518313508
6	1011,702772	27,66756757	0,65514374
7	1011,215495	18,36486486	0,808975282
8	1012,322671	15,61891892	0,843753736
9	1014,793116	24,8027027	0,69847468
10	1017,58141	42,76486486	0,541793848
11	1018,117326	55,28648649	0,413356504
12	1019,046046	70,43421053	0,385759571

Στη συνέχεια, παρατίθεται ο πίνακας εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής μέσω της μεθόδου Blaney – Criddle, βάσει των κλιματικών δεδομένων της περιοχής, καθώς και το μέγεθος της ωφέλιμης ενεργούς βροχόπτωσης (Πίνακας 12).

Πίνακας 12: Μεγέθη μεθόδου εξαμισοδιαπνοής Blaney-Criddle/ Ωφέλιμη ενεργός βροχόπτωση

Μέθοδος Blaney – Criddle					
P	F	a	b	Etr	Peff
6,82	72,24283098	-1,62602	1,68402	120,0323455	44,00824256
6,72	73,96571824	-1,626	1,696979	123,8922506	43,0471199
8,37	102,0540868	-1,65152	1,715422	173,4143467	38,1434399
9	127,9645472	-1,72357	1,775078	225,4235379	32,0468065
9,92	164,3744091	-1,782	1,875606	306,51968	32,17448532
10,2	188,7506003	-1,94617	2,103044	395,0045712	26,4427767
10,23	201,8054528	-2,14001	2,371137	476,3682958	17,82523565
9,61	189,1709505	-2,18659	2,433767	458,2114982	15,22859791
8,4	148,6050314	-2,00182	2,189962	323,437554	23,8184242
7,75	118,339903	-1,7679	1,903399	223,4801213	39,838731
6,6	86,54224079	-1,58562	1,644446	140,7284026	50,39593355
6,51	73,16562806	-1,49289	1,591171	114,9261038	62,49664571

Για κάθε τμήμα της υπολεκάνης μελέτης πραγματοποιήθηκε μια εκτίμηση για τις απαιτούμενες παροχές σε νερό που χρειάζονταν κατά την αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), με βάση της οποία έγινε έλεγχος των δεδομένων που εισήχθησαν στο λογισμικό του WEAP 21 (Πίνακας 14). Οι συντελεστές απωλειών πήραν τιμές με βάση την 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών για το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης (EL12) ως εξής (Πίνακας 13):

Πίνακας 13: Απώλειες αρδευτικού συστήματος

Απώλειες μεταφοράς/διανομής		Απώλειες εφαρμογής
Βαρύτητα	Αντληση	Καταιονισμός
10%	20%	15%

Πίνακας 14: Εκτίμηση αρδευτικών απολήψεων σε διάστημα αρδευτικής περιόδου

Είδος Καλλιέργειας	Έκταση (στρέμματα)	Ανάγκες σε νερό N (mm)	Παροχή Q (m3)	Παροχή Q (Mm3)
Αγροτεμάχια βορειοανατολικά του ποταμού				
Αροτραίες	76260,35915	219,4173786	16732848,1	16,7328481
Ελαιώνες	2817,48784	659,1009068	1857008,79	1,85700879
Λοιπές Δενδρώδεις	3770,22367	808,2379803	3047237,964	3,047237964
Αμπελώνες	549,9269	490,1408517	269541,6391	0,269541639
Κηπευτικά/λοιπά	30027,47035	384,8891885	11557248,7	11,5572487
Αγροτεμάχια νοτιοδυτικά του ποταμού				
Αροτραίες	61191,60995	219,4173786	13426502,65	13,42650265
Ελαιώνες	3520,0205	659,1009068	2320048,703	2,320048703
Λοιπές Δενδρώδεις	16710,97862	808,2379803	13506447,61	13,50644761
Αμπελώνες	1186,2083	490,1408517	581409,1465	0,581409146
Κηπευτικά/λοιπά	28514,87954	384,8891885	10975068,85	10,97506885

3.5. Εκτίμηση Κτηνοτροφικών Απολήψεων

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εύρεση των αναγκών και των απολήψεων σε νερό για κτηνοτροφική χρήση αφορούσε στην εκτίμηση της υπολεκάνης Νέστου ως ενιαίο σύνολο. Συγκεκριμένα, από τα δεδομένα του ΟΠΕΚΕΠΕ βρέθηκαν οι σταβλικές εγκαταστάσεις για το σύνολο της Θράκης και μέσω προγράμματος GIS επιλέχθηκαν εκείνες εντός της υπολεκάνης. Τα δεδομένα αναφοράς περιείχαν αριθμό και είδος ζώων ανά εγκατάσταση, τόσο της σταβλισμένης, όσο και της ποιμενικής κτηνοτροφίας της περιοχής. Στη συνέχεια, έγινε η παραδοχή για τις ημερήσιες ανάγκες σε νερό ανά είδος ζώου βάσει του Παραρτήματος ΙΙ του «Νέου Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Προστασία των Νερών από τη Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης» της Υπουργικής Απόφασης 1420/82031 (ΦΕΚ 1709/Β/17-8-2015). Με βάση τα παραπάνω πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των ετησίων αναγκών σε νερό εκτροφής και καθαρισμού ανά είδος ζώου για όλη την υπολεκάνη. Οι κατηγορίες ζώων με βάση τις οποίες έγινε η εκτίμηση ήταν τα αιγοπρόβατα, τα βοοειδή, τα ιπποειδή, οι χοίροι και τα ορνιθοειδή. Για την εύρεση των πραγματικών αναγκών έγινε παραδοχή ποσοστού απωλειών του δικτύου 20%, που τέθηκε σύμφωνα με το τεύχος της 1^{ης} Ανθεώρησης Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών για το Υδατικό Διαμέρισμα της Θράκης. Ο τελικός υπολογισμός των ετησίων απολήψεων νερού για κτηνοτροφία υπολογίστηκε με βάση τον εξής τύπο:

$$\text{Απολήψεις} = \text{Ανάγκες} / (1 - \text{Απώλειες}) \quad (10)$$

Πίνακας 15: Υπολογισμός κτηνοτροφικών αναγκών σε νερό ανά είδος

Κωδικός	Είδη Ζώων Είδος	Αριθμός Σταβλικών Εγκαταστάσεων	Αριθμός Ζώων	Ημερήσιες Ανάγκες σε νερό (L/κεφαλή/ημέρα)	Ετήσιες ανάγκες σε νερό ανά είδος (L/έτος)
1	ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΑ	668	137060	4	200107600
2	ΒΟΟΕΙΔΗ	543	24968	30	273399600
3	ΙΠΠΟΕΙΔΗ	40	332	21	2544780
4	ΧΟΙΡΟΙ	37	1972	7,2	5182416
6	ΟΡΝΙΘΟΕΙΔΗ	1	40	0,2	2920

Πίνακας 16: Σύνολο κτηνοτροφικών απολήψεων

Ολικές Ετήσιες Ανάγκες σε νερό για κτηνοτροφία (L)	481237316,00
Απώλειες	20%
Ολικές Ετήσιες Απολήψεις (L/έτος)	601546645

3.6. Δεδομένα Ύδρευσης

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εκτιμήθηκαν οι απολήψεις του Επιφανειακού Υδατικού Συστήματος του Νέστου για σκοπούς ύδρευσης των οικισμών, ενώ η υδροληψία των οικισμών θεωρήθηκε πως προέρχεται εξίσου και από το Υπόγειο Υδατικό Σύστημα. Συγκεκριμένα, με βάση τη μελέτη «Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας» του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, αναφέρεται πως, το σύνολο των οικισμών του Δέλτα του Νέστου και του Δήμου Ξάνθης εξασφαλίζει νερό ύδρευσης από τις πηγές των Τοξοτών – Παραδείσου (του καρστικού συστήματος των ορέων της Λεκάνης). Με βάση την ίδια μελέτη, οι πηγές αυτές αποφορτίζουν τις καρστικές υδρογεωλογικές λεκάνες μαρμάρων, που αναπτύσσονται στην ορεινή περιοχή της λεκάνης του Νέστου και αποτελούν ζώνες κατείσδυσης του επιφανειακού νερού προς την υπόγεια υδροφορία.

Οι πηγές άντλησης υδρευτικού νερού εντοπίζονται κυρίως στα χαμηλότερα σημεία εμφάνισης μαρμάρου στην έξοδο του ποταμού προς την πεδινή ζώνη, ενώ εκτείνονται σε τμήμα της κοίτης του ποταμού, από τον οικισμό της Σταυρούπολης έως και τους Τοξότες. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα Πασχαλιάς – Σταυρούπολης ανέδειξαν ποσοστό απομείωσης της παροχής του ποταμού γύρω στο 30% σε ετήσια βάση. Με αυτόν τον τρόπο επικυρώνεται η τροφοδοσία των καρστικών υδρογεωλογικών λεκανών, μέσω της διήθησης ενός μέρους της επιφανειακής ροής του. Επιπρόσθετες μετρήσεις στο τμήμα Σταυρούπολης – Τοξότες επιβεβαίωσαν ότι μεγάλο μέρος του καρστικού υδροφορέα εκφορτίζεται στις πηγές της περιοχής.

Για τον υπολογισμό των αναγκών και απολήψεων για το νερό ύδρευσης της υπολεκάνης Νέστου εκτιμήθηκαν οι μόνιμοι κάτοικοι καθώς και το ποσοστό του των ροών τουρισμού της περιοχής. Αρχικά, βρέθηκε ο πληθυσμός των οικισμών του Δέλτα, ίσος με 23.486 κατ., και της Ξάνθης, ίσος με 58.760 κατ., από τα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ για το 2021. Παράλληλα, από την ίδια πηγή δεδομένων, βρέθηκε το ποσοστό του τουριστικού πληθυσμού που αναφέρεται στην περιοχή. Το άθροισμα του πληθυσμού των κατοίκων αυτών θεωρήθηκε πως αντλεί νερό ύδρευσης για τις καθημερινές ανάγκες του. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε παραδοχή υδρευτικών αναγκών σε 250 lt/άτομο/ημέρα για τους μόνιμους κατοίκους και 400 lt/άτομο/ημέρα για τους τουρίστες, μέγεθος που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των ετήσιων αναγκών ύδρευσης, σε κυβικά μέτρα. Η παραδοχή για τις ημερήσιες κατ' άτομο υδρευτικές ανάγκες ορίστηκε σύμφωνα με τις τιμές των ορίων, όπως αναφέρονται στην ΚΥΑ Δ11/Φ16/8500 (ΦΕΚ 174/Β/26-3-91), για την ορθολογική χρήση του νερού στην ύδρευση. Τέλος, προσδιορίστηκε ποσοστό 30% που αφορά στις απώλειες του δικτύου.

Κεφάλαιο 4^ο: Μοντελοποίηση του Υδατικού Συστήματος με τη χρήση του WEAP 21

4.1. Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems – DSS) αναφέρονται σε πληροφοριακά συστήματα που σχεδιάζονται και εκτελούνται για να καθοδηγήσουν τον εκάστοτε χρήστη, κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παρέχουν μία ολοκληρωμένη σειρά εργαλείων και πόρων που επιτρέπουν την ανάλυση των δεδομένων και την εκτίμηση εναλλακτικών ή/και μελλοντικών λύσεων, ώστε να επιλέγονται ενημερωμένες και συνετές αποφάσεις. Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται σε πολλούς επαγγελματικούς τομείς, όπως η υγεία, η επιχειρηματική διοίκηση, η χρηματοοικονομική διαχείριση κ.ο.κ., με σκοπό να λειτουργήσουν επικουρικά στη λήψη αποτελεσματικών αποφάσεων.

Οι κυριότερες συνιστώσες ενός τέτοιου συστήματος είναι η βάση δεδομένων, τα μοντέλα λήψης αποφάσεων, η διαδραστική περιβάλλουσα, η επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων, η επικοινωνία μεταξύ μηχανής και ανθρώπου και η υποστήριξη κατά τη λήψη αποφάσεων. Η βάση δεδομένων αποτελεί το ψηφιακό περιβάλλον, όπου πραγματοποιείται η εισαγωγή και αποθήκευση των απαραίτητων δεδομένων για τη λήψη μιας απόφασης. Εντός αυτής, ενσωματώνονται και ενημερώνονται δεδομένα διαφορετικών πηγών μεγαλύτερης ή μικρότερης αξίας, ώστε στη συνέχεια να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Τα μοντέλα λήψης αποφάσεων αναφέρονται σε μαθηματικά συναρτησιακά μοντέλα ή κανόνες για την αξιολόγηση και ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων. Μέσω των μοντέλων αυτών, μπορεί να προσομοιωθεί κάθε δυνατή επιλογή, καθώς και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει. Αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο για τη λήψη μιας απόφασης, αφού προσφέρουν τη δυνατότητα αναπαράστασης κάθε συστήματος που εξετάζεται. Όλα τα παραπάνω, ωστόσο, δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν, χωρίς τη βοήθεια ενός μέσου αλληλεπίδρασης. Εισάγεται λοιπόν, η έννοια της διαδραστικής περιβάλλουσας, ενός περιβάλλοντος γραφικών εργαλείων, όπου ο χρήστης μπορεί όχι μόνο να σχεδιάσει ένα μοντέλο, αλλά και να εισάγει, να τροποποιήσει ή να αναλύσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Στη συνέχεια, αναγνωρίζοντας τη σημασία των στατιστικών δεδομένων για την ολοκλήρωση ενός μοντέλου, δίνεται έμφαση στην επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων. Μέσω αυτής της διαδικασίας πραγματοποιείται η επικαιροποίηση των χαρακτηριστικών του συστήματος, καθώς και η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Η λειτουργία αυτή, είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι επιτρέπει στον χρήστη την αναζήτηση και οπτικοποίηση των δεδομένων και συνεπώς εξυπηρετεί στη διαδικασία επικύρωσης και ελέγχου. Σε αυτό το σημείο, απαραίτητη θεωρείται η διεπαφή μεταξύ λογισμικού και χρήστη, μέσω των αντίστοιχων εργαλείων επικοινωνίας. Τέλος, είναι ουσιώδες να αιτιολογείται πως η λήψη αποφάσεων στηρίζεται σε ενημερωμένες και τελεσφόρες πληροφορίες και πως αποτελεί τη βέλτιστη εναλλακτική ανάμεσα σε όσες εξετάζονται. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται εντός του περιβάλλοντος του Συστήματος Λήψης Αποφάσεων μέσω της υποστήριξης κατά την επιλογή.

4.2. Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων – WEAP 21

Το Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων WEAP 21 (“Water Evaluation And Planning” System) αναδεικνύεται ως ένα χρήσιμο εργαλείο λογισμικού με φιλικό προς το χρήστη χαρακτήρα, που προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για το σχεδιασμό και τη διαχείριση υδατικών πόρων. Το θέμα της διαχείρισης των γλυκών υδάτων αποτελεί ένα πρόβλημα που συνεχώς απασχολεί ολοένα και περισσότερο. Οι υδάτινοι πόροι αποτελούν πεπερασμένο φυσικό αγαθό, ενώ η απαίτηση ικανοποίησης των ατέρμονων αναγκών μεταξύ αστικών, αγροτικών και περιβαλλοντικών χρήσεων επιβάλλει μια ολοκληρωμένη διαχείριση με βασικούς άξονες την προσφορά, τη ζήτηση, την ποιότητα του νερού και τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Το WEAP αναπτύχθηκε από το SEI (Stockholm Environment Institute’s) U.S. Center και συνδυάζει τους άξονες αυτούς σε ένα πρακτικό και ανθεκτικό εργαλείο για τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Το WEAP αποτελεί μία διεπαφή σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), παρέχοντας ένα μέσο σχεδιασμού, επεξεργασίας και προβολής πληροφοριών. Κάθε χρήστης μπορεί να σχηματοποιήσει ένα υδατικό μοντέλο, μέσω της γραφικής απεικόνισης, στηριζόμενος είτε σε χωρικά δεδομένα εισαγωγής, είτε σε δεδομένα του ίδιου του λογισμικού. Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα απόδοσης κλιματικών δεδομένων, δεδομένων εξατμισοδιαπνοής, υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών σε νερό, επιφανειακών και υπογείων υδάτων και την σχέσης μεταξύ τους, καθώς και δεδομένα ποιότητας νερού, αλλά και οικονομικές πληροφορίες. Εντός του λογισμικού ενσωματώνονται μαθηματικές συναρτήσεις, που βοηθούν στην ακριβή μοντελοποίηση του συστήματος, με το χρήστη να έχει τον πλήρη έλεγχο της χρήσης τους και τη δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων ακόμα και από υπολογιστικά φύλλα εργασίας. Το εν λόγω περιβάλλον προσφέρει, ακόμα, την ευκαιρία δημιουργίας γραφημάτων, πινάκων και χαρτών με βάση τα αποτελέσματα στατιστικών αναλύσεων, ενώ καθοδηγεί το χρήστη, σε περίπτωση που χρειαστεί βοήθεια για την κατανόηση της λειτουργίας του.

Οι βασικές προβολές που περιλαμβάνει το πρόγραμμα του WEAP αφορούν στη γραφική απεικόνιση, τα δεδομένα, τα αποτελέσματα, τον περιηγητή σεναρίων και τις σημειώσεις. Η γραφική απεικόνιση αποτελεί το χώρο όπου αναπαρίσταται το υδατικό μοντέλο, περιέχει τα εργαλεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και δίνει τη δυνατότητα της τοποθέτησης και ψηφιοποίησης των απαραίτητων για το μοντέλο χαρακτηριστικών. Μέσω της γραφικής απεικόνισης μπορεί κανείς να εισάγει δεδομένα διανυσματικής ή κανονικοποιημένης ψηφιδωτής μορφής (vector & raster data), τα οποία τα αποτελούν το σχεδιαστικό υπόβαθρο της διαδικασίας ψηφιοποίησης. Η επεξεργασία της μορφής όλων των δεδομένων είναι εύκολα διαθέσιμη κάθε στιγμή μετά την ψηφιοποίηση, ενώ παρέχεται επίσης η ευελιξία περιήγησης στα αναλυτικά δεδομένα και τα αποτελέσματα κάθε στοιχείου του συστήματος. Η προβολή των δεδομένων αποτελεί το εργαλείο αρχικοποίησης όλων των αναλυτικών, μη-χωρικών πληροφοριών του συστήματος, όντας το βασικό μέσο της ουσιαστικής ανάπτυξης του μοντέλου, με την εισαγωγή παραμέτρων και μεταβλητών και τη μεταξύ τους σύνδεση. Το συγκεκριμένο τμήμα του λογισμικού επιτρέπει στο χρήστη να κάνει προβλέψεις για το μοντέλο, χρησιμοποιώντας συναρτησιακές σχέσεις ή/και συνδέοντας δυναμικά το μοντέλο με δεδομένα εισόδου και εξόδου λογιστικών φύλλων επεξεργασίας. Μετά την εισαγωγή όλων των απαραίτητων μεταβλητών, ο χρήστης μπορεί να απευθυνθεί στην προβολή των αποτελεσμάτων, όπου θα βρει τα αναλυτικά στατιστικά στοιχεία σε μορφή γραφημάτων, πινάκων και χάρτη, συναρτήσει του χρόνου ή των διαφορετικών μεταβλητών








μεταξύ τους. Η προβολή αποτελέσματος του εκάστοτε μεγέθους, γίνεται με εύκολο τρόπο μέσω menu αναζήτησης, ενώ ο τρόπος απόδοσης επιλέγεται με αντίστοιχο τρόπο. Μια γρήγορη επισκόπηση συγκεντρωτικών γραφημάτων, που αναφέρονται στις βασικές παραμέτρους του συστήματος, βρίσκεται στην ενότητα του περιηγητή σεναρίων. Οι ομάδες γραφημάτων εντοπίζουν τους κυριότερους δείκτες του συστήματος και δίνουν τη δυνατότητα μελέτης των αλλαγών στα δεδομένα. Τέλος, η προβολή των σημειώσεων αφορά σε χώρο αποκλειστικά αφιερωμένο στο χρήστη, για καταγραφή παραδοχών, αξιολογήσεων και λοιπών καταγραφών, που θεωρούνται απαραίτητες για την ολοκλήρωση του μοντέλου.

Συνολικά, το λογισμικό WEAP αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο με ευέλικτα περιθώρια μοντελοποίησης και ένα περιεκτικό σύστημα αναφοράς και ελέγχου. Πολύ σημαντική είναι η δυνατότητα που παρέχει για τη δημιουργία μελλοντικών σεναρίων, τα οποία μπορούν σε παράλληλο χρόνο να προσομοιάσουν διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος. Ο έλεγχος των παράλληλων αποτελεσμάτων μπορεί να αποτελέσει τη βάση για έναν στρατηγικό σχεδιασμό και να οδηγήσει στη βέλτιστη μέθοδο διαχείρισης των υδατικών πόρων. Επιπλέον, οι χρονικές συνθήκες του συστήματος μεταβάλλονται εξίσου εύκολα, με τη χρήση των Current Accounts, που περιλαμβάνουν τα δεδομένα του έτους βάσης και των Reference Scenarios, που μεταφέρουν τα δεδομένα έτους βάσης σε μία καθορισμένη περίοδο του μοντέλου και χρησιμεύουν για σημείο σύγκρισης με τα υπόλοιπα μελλοντικά σενάρια.

4.3. Προσαρμογή του μοντέλου στην περιοχή μελέτης

Η μοντελοποίηση της υπολεκάνης του Νέστου βασίστηκε στη μέθοδο απλουστευτικής τυποποιημένης απεικόνισης όσον αφορά στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος υδατικών πόρων. Το σύστημα δομήθηκε ως ένα δίκτυο, αποτελούμενο από το γραμμικό υδατικό σώμα του ποταμού, τους κόμβους προσφοράς και ζήτησης νερού και τους διαύλους επικοινωνίας μεταξύ των παραπάνω. Οι δύο βασικές προσεγγίσεις δημιουργίας του μοντέλου ήταν η υδρολογική και η διαχειριστική. Η υδρολογική προσέγγιση περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διεργασίες του υδρολογικού κύκλου (π.χ. κατακρημνίσματα, εξατμισοδιαπνοή, επιφανειακή και υπόγεια απορροή). Η διαχειριστική προσέγγιση του μοντέλου αναφέρεται στη λογική διανομής υδατικών πόρων από τους κόμβους προσφοράς στους κόμβους ζήτησης, ανάλογα με την προτεραιότητα προμήθειας που ταιριάζει καλύτερα σε κάθε μεταβλητή.

Για τους σκοπούς μοντελοποίησης του συστήματος επιλέγονται μέθοδοι και συναρτήσεις που είναι ενσωματωμένες στο λογισμικό, αφού θεωρήθηκε πως αυτές προσεγγίζουν ικανοποιητικά τη λειτουργία του συστήματος. Σε περίπτωση που ο χρήστης θεωρήσει πως απαιτείται μια ιδιαίτερη προσαρμογή των μεθόδων ώστε να γίνει πιο ακριβής αναπαράσταση του συστήματος, έχει τη δυνατότητα συγγραφής κώδικα και εισαγωγής του στο λογισμικό. Στην παρούσα περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι συναρτησιακές σχέσεις μεταβολής των παραμέτρων σε συνάρτηση με το χρόνο (κυρίως οι μηνιαίες διακυμάνσεις των τιμών των μεταβλητών). Η σχηματοποίηση του μοντέλου πραγματοποιήθηκε μέσω του περιβάλλοντος της γραφικής απεικόνισης, με τη χρήση βοηθητικών διανυσματικών δεδομένων ως υπόβαθρο σχεδιασμού. Αντίστοιχα, η προσαρμογή των μεταβλητών έγινε μέσω της προβολής δεδομένων. Στη συνέχεια, αναλύονται οι βασικότερες παράμετροι σχηματοποίησης – μοντελοποίησης του συστήματος, αφού γίνει η απόδοση των βασικών οντοτήτων προσομοίωσης του υδατικού μοντέλου στο Σχήμα 5, με βάσει τις οποίες έγινε η μοντελοποίηση.

Οντότητες μοντέλου – Σύμβολα	Περιγραφή
	Σχηματοποίηση Ποταμού Νέστου
	Κόμβος προσφοράς νερού – Υπόγεια ύδατα
	Κόμβος ζήτησης νερού
	Διαχειριστικές λεκάνες
	Μεταφορά νερού τροφοδοσίας (απορροή/διήθηση)
	Σύνδεσμος μεταφοράς νερού
	Σύνδεσμος επιστροφής νερού στην επιφανειακή απορροή

Σχήμα 5: Περιγραφή οντοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν στη μοντελοποίηση του υδατικού συστήματος μέσω του WEAP21

4.3.1 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο σχεδιάστηκε με γνώμονα το διανυσματικό υπόβαθρο του ποταμού Νέστου, μετά την επεξεργασία του σε περιβάλλον GIS. Η σχηματοποίηση του ποταμού πραγματοποιήθηκε με το εργαλείο (River), με τη δημιουργία διαδοχικών κόμβων, που συνδέονται μεταξύ τους με γραμμικές οντότητες (τμήματα ή reaches). Κατά τη διαδικασία σχηματοποίησης του ποταμού, σημαντικό ρόλο έχει η κατεύθυνση σχεδιασμού. Το πρώτο σημείο (κόμβος) του ποταμού αποτελεί την «κεφαλή» του, από όπου θα ρέει το νερό. Οι κόμβοι του ποταμού είναι τα σημεία όπου μπορεί να γίνει η εισαγωγή άλλων σχηματικών αντικειμένων για το ποτάμι, όπως φράγματα υδροηλεκτρικούς ή υδρομετρικούς σταθμούς κ.ο.κ. Επιπλέον, οι κόμβοι μπορούν να αποτελέσουν τα σημεία σύνδεσης με άλλα υδάτινα σώματα, τα σημεία επιφανειακών απολήψεων από τον ποταμό και τα σημεία επιστροφής ποσότητας νερού από τους εξωτερικούς κόμβους ζήτησης. Στις γραμμικές οντότητες μεταξύ των κόμβων (δηλαδή τα τμήματα του ποταμού) μπορούν να εισαχθούν τα δεδομένα αλληλεπίδρασης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, η εξάτμιση από την επιφάνεια του ποταμού, καθώς και δεδομένα ποιότητας των υδάτων.



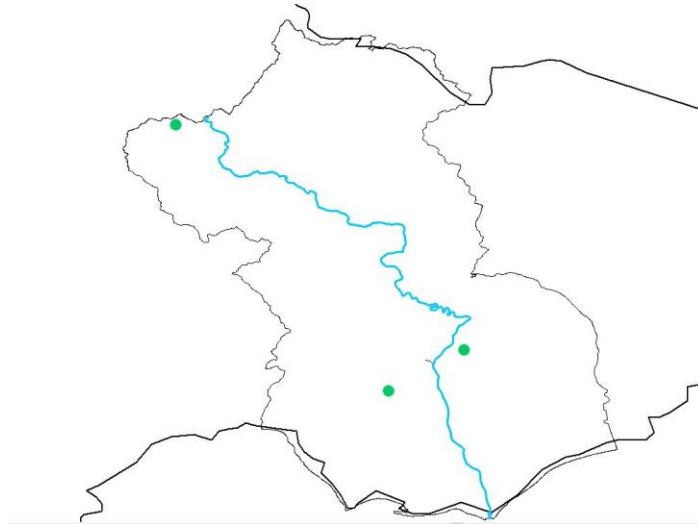
Εικόνα 26: Απεικόνιση επιφανειακού υδροφορέα στο WEAP (επεξήγηση συμβόλων στο σχήμα 5 & στο Χάρτη 10)

4.3.2 Διαχειριστικές λεκάνες

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως διαχείρισης των δεδομένων της λεκάνης απορροής του Νέστου, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε μία υπολεκάνη του Νέστου για τη δημιουργία του μοντέλου. Η εν λόγω υπολεκάνη σχηματοποιήθηκε με τη βοήθεια του εργαλείου λεκάνης (Catchment), χωριζόμενη σε τρία διακριτά μέρη.

Η πρώτη λεκάνη αφορούσε στο υδρολογικό μοντέλο και λειτουργούσε σαν κόμβος προσφοράς νερού. Ονομάστηκε «Τροφοδοσία» και πήρε την τιμή της διαθέσιμης ποσότητας νερού για επιφανειακή απορροή και διήθηση. Οι άλλες δύο λεκάνες (Catchments) αφορούσαν στο διαχειριστικό μοντέλο και λειτουργούσαν σαν κόμβοι ζήτησης νερού για αρδευτική χρήση του βορειοανατολικού και του νοτιοδυτικού τμήματος, αντίστοιχα. Στις δύο αυτές λεκάνες αποδόθηκε τιμή προτεραιότητας ζήτησης ίση με 1, αφού η κάλυψη των αρδευτικών αναγκών κρίθηκε μείζονος σημασίας. Ο διαχωρισμός της λεκάνης σε δύο αρδευτικά τμήματα προτιμήθηκε έναντι της θεώρησής της ως ενιαία, λόγω του τρόπου υπολογισμού των παροχών στο λογισμικό. Με αυτόν τον τρόπο, εκτιμήθηκε πως είναι πιο ακριβής η κατανομή των αρδευτικών απολήψεων σε σχέση με τον χωρικό παράγοντα.

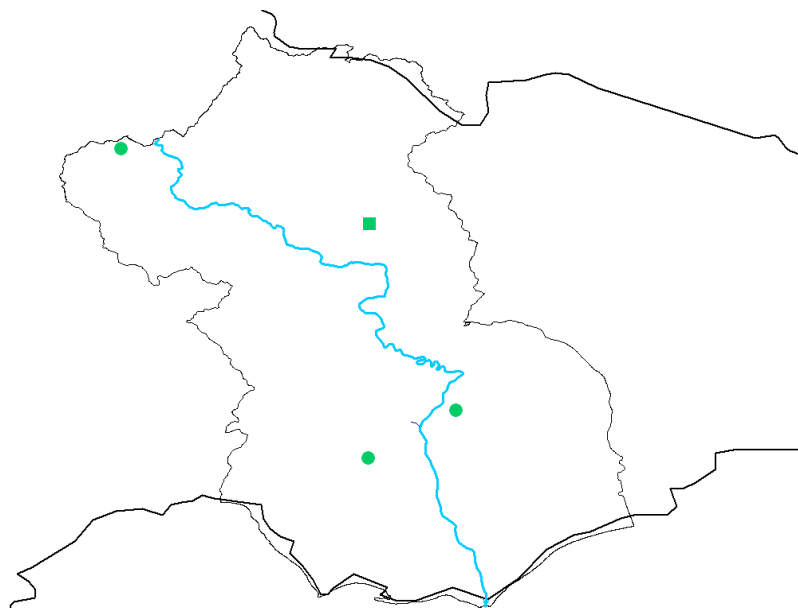
Τα βασικά δεδομένα που όφειλαν να εισαχθούν στις λεκάνες αφορούσαν στην έκτασή τους, στο φυτικό συντελεστή, στο ποσοστό ωφέλιμης βροχόπτωσης, στο μέγεθος της βροχόπτωσης και στην εξατμισοδιαπνοή κάθε καλλιέργειας αναφοράς. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκε ο καταμερισμός της κάθε αρδευτικής λεκάνης σε πέντε κατηγορίες, σύμφωνα με τη διάκριση που είχε γίνει κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων (*Κεφ. 3.4 Εκτίμηση αρδευτικών απολήψεων*). Οι κατηγορίες αυτές ήταν οι εξής: Αροτραίες, Ελαιώνες, Λοιπές δενδρώδεις, Αμπελώνες και Κηπευτικά. Τα δεδομένα έκτασης που συμπεριλήφθηκαν, αφορούσαν αμιγώς σε αρδευόμενες εκτάσεις αγροτεμαχίων, μετά την επεξεργασία τους σε περιβάλλον GIS. Επομένως, το σύνολο των εκτάσεων συμμετείχε στη διαδικασία υπολογισμού αρδευτικών απολήψεων. Οι φυτικοί συντελεστές προήλθαν από τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου FAO – 24 (Allen et al., 1998) και αναφέρονται στον *Πίνακα 10*. Εισήχθησαν στο μοντέλο ως μηνιαίες χρονοσειρές για κάθε είδος καλλιέργειας. Τα κλιματικά δεδομένα βροχόπτωσης (σε χιλιοστά) και ωφέλιμης – ενεργούς βροχόπτωσης (ως ποσοστό) συμπεριλήφθηκαν, επίσης, ως μηνιαίες χρονοσειρές με βάση τους *Πίνακες 11 και 12 του κεφαλαίου 3.4.3* και προήλθαν από την επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων τους Μετεωρολογικού Σταθμού της Χρυσούπολης. Η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς εκτιμήθηκε ενιαία για τις δύο αρδευτικές λεκάνες και εισήχθη στα δεδομένα ως μηνιαία χρονοσειρά. Τέλος, απαραίτητη για τη λειτουργία του συστήματος ήταν η εκτίμηση των απωλειών κατά τη διαδικασία μεταφοράς και διανομής του νερού καθώς και κατά τη διαδικασία εφαρμογής του στις αρδευόμενες εκτάσεις, όπως αναφέρεται στον *Πίνακα 13*.



Εικόνα 27: Απεικόνιση διαχειριστικών λεκανών Τροφοδοσίας (ανάτη) και Άρδευσης (κατάντη) στο WEAP (επεξήγηση συμβόλων στο σχήμα 5 & στο Χάρτη 10)

4.3.3 Κόμβος προσφοράς νερού – υπόγειου υδροφορέα

Ως κόμβος προσφοράς νερού τέθηκε το σχηματικό αντικείμενο του υπόγειου υδροφορέα (Groundwater), που χρησιμοποιήθηκε για την εισαγωγή των δεδομένων των υπόγειων υδάτων της λεκάνης απορροής. Τα δεδομένα αυτά προήλθαν από την 1^η Αναθεώρηση για το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης και για την απόδοσή τους θεωρήθηκε μία απλοποιημένη μορφή του κόμβου. Αυτό σημαίνει πως στα υπόγεια ύδατα του συστήματος συμπεριλήφθηκε ποσότητα που διεισδύει στον υπόγειο υδροφορέα μέσω των καρστικών υδρογεωλογικών λεκανών του Νέστου, οι οποίες τροφοδοτούν τις πηγές Τοξοτών – Παραδείσου. (αναφ. «ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ»). Τα δεδομένα των υπόγειων υδροφορέων που εισήχθησαν στο μοντέλο είναι η αρχική αποθήκευση και οι εκτιμώμενες απώλειες.



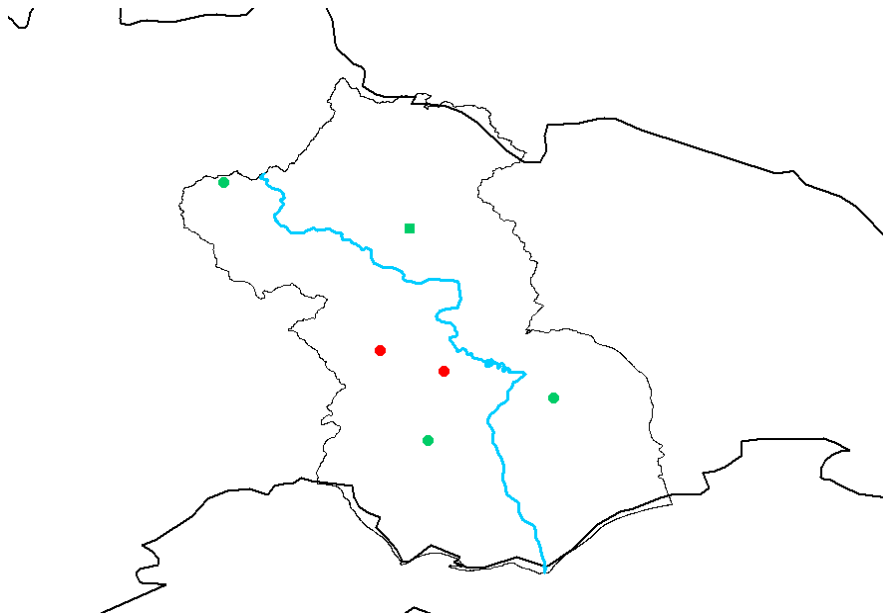
Εικόνα 28: Απεικόνιση κόμβου υπόγειου υδροφορέα στο WEAP (επεξήγηση συμβόλων στο σχήμα 5 & στο Χάρτη 10)

4.3.4 Κόμβοι ζήτησης νερού

Το λογισμικό WEAP επιτρέπει την εισαγωγή των κόμβων ζήτησης νερού ως θέσεις ζήτησης (Demand Sites). Το σχηματικό αντικείμενο των θέσεων ζήτησης θεωρήθηκε ξεχωριστά για τις απολήψεις νερού ύδρευσης, κτηνοτροφίας και βιομηχανίας. Ωστόσο, στην περιοχή μελέτης, σύμφωνα με το τεύχος Ανθρωπογενών Πιέσεων του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών για το Υ.Δ. Θράκης, οι απολήψεις νερού από τον ποταμό Νέστο για βιομηχανική χρήση είναι σχεδόν μηδενικές.

Όπως αναφέρθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο των δεδομένων ύδρευσης (παρ. 3.6), οι απολήψεις για ύδρευση για τους οικισμούς του Δέλτα του Νέστου και για το Δήμο Ξάνθης προέρχονται από πηγές που φορτίζονται από τις καρστικές υδρογεωλογικές λεκάνες μαρμάρων πλησίον του οικισμού Τοξοτών, ανάντη της κοιλάδας του Νέστου. Λόγω έλλειψης σαφών δεδομένων και για τη διατήρηση ενός απλουστευμένου μοντέλου, οι απολήψεις αυτές συμπεριλήφθηκαν σε κόμβο ζήτησης, με άντληση νερού απορροής από το επιφανειακό και υπόγειο υδατικό σύστημα, ενώ τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο είναι τα δεδομένα αναφοράς της παραγράφου 3.6.

Παράλληλα, ο δεύτερος κόμβος ζήτησης του μοντέλου αφορούσε στις απολήψεις νερού επιφανειακής ροής για χρήση στις κτηνοτροφικές μονάδες. Η σχηματοποίηση και οργάνωση του κόμβου αυτού, πραγματοποιήθηκε με βάση τα δεδομένα της περιοχής μελέτης, με τη διάκριση των μονάδων αυτών σε πέντε είδη διαχείρισης κτηνοτροφικών ζώων. Τα είδη αυτά ήταν τα εξής: Αιγοπρόβατα, Βοοειδή, Ιπποειδή, Χοίροι και Ορνιθοειδή. Οι μεταβλητές που συντέλεσαν στον υπολογισμό της τελικής ζήτησης αφορούσαν σε: Πληθυσμό, κατά κεφαλήν ημερήσια χρήση, συντελεστή διόρθωσης λόγω απωλειών και διάρκεια μήνα.

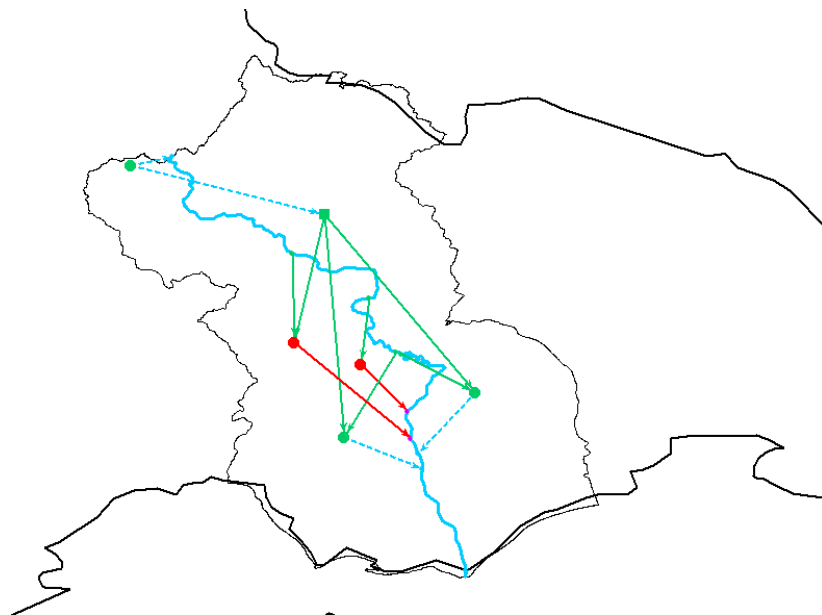


Εικόνα 29: Απεικόνιση κόμβων ζήτησης νερού για ύδρευση (ανάντη) και κτηνοτροφία (κατάντη) στο WEAP (επεξήγηση συμβόλων στο σχήμα 5 & στο Χάρτη 10)

4.3.5 Συνδέσεις μεταφοράς νερού

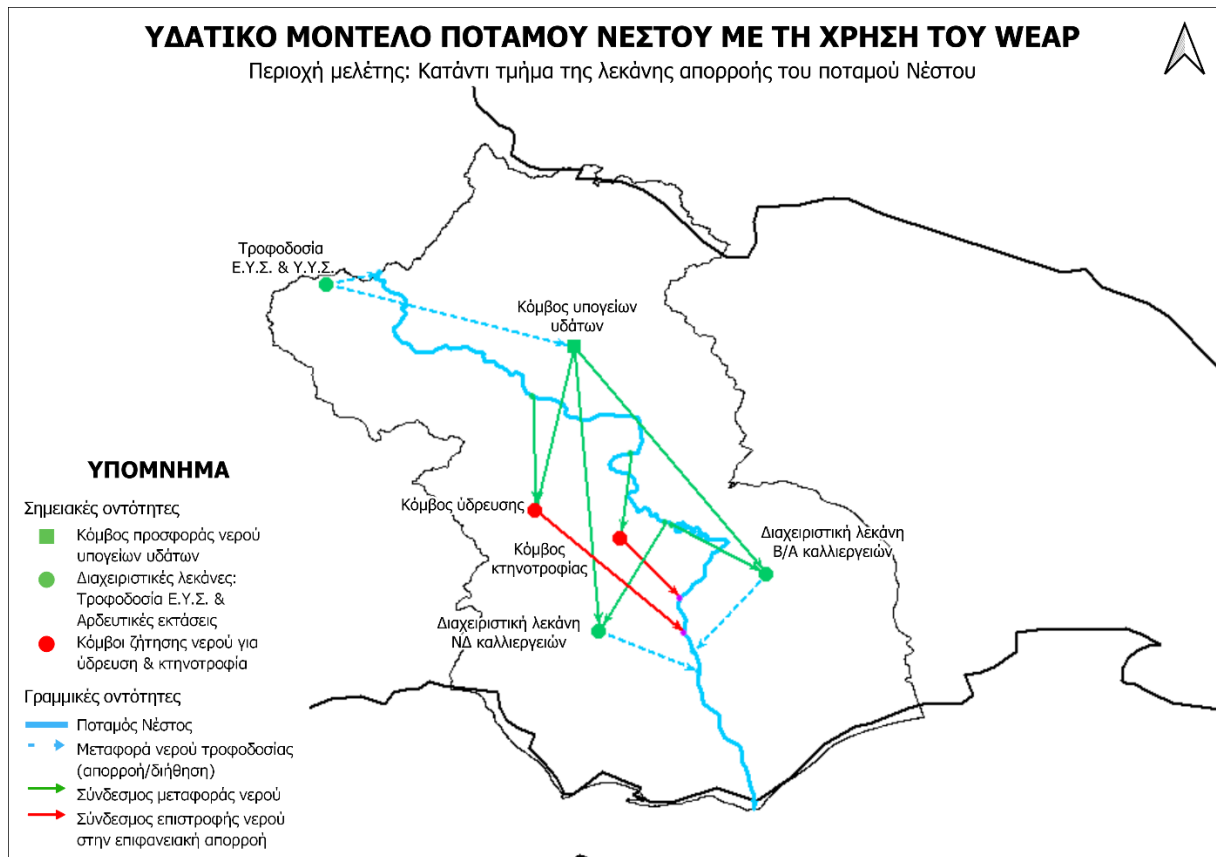
Για τις ανάγκες του παρόντος μοντέλου, χρησιμοποιήθηκαν τριών ειδών σχηματικά εργαλεία μεταφοράς νερού. Η μεταφορά υδάτινου όγκου από τη λεκάνη απορροής (Τροφοδοσία) προς το ποτάμι και τον υπόγειο υδροφορέα (δηλαδή, η επιφανειακή και υπόγεια απορροή) σχηματοποιήθηκε με το γραμμικό αντικείμενο απορροής/διήθησης (Runoff/Infiltration). Η μεταφορά νερού από τα σχηματικά αντικείμενα προσφοράς (επιφανειακός και υπόγειος υδροφορέας) προς τα σχηματικά αντικείμενα ζήτησης (αρδευτικές λεκάνες και κόμβοι κτηνοτροφικής ζήτησης) ορίστηκε με το σύνδεσμο μεταφοράς (Transmission Link). Τέλος, απαραίτητη για την τελειοποίηση του μοντέλου ήταν η σχηματοποίηση των επιστροφών των ανεπεξέργαστων λυμάτων από τις αρδευτικές λεκάνες και τον κόμβο ζήτησης, προς τον επιφανειακό υδροφορέα, μέσω του σχηματικού συνδέσμου παροχής επιστροφής (Return Flow).

Το συνολικό αποτέλεσμα της μοντελοποίησης του Υδατικού Συστήματος του Νέστου αποτελούταν από τον επιφανειακό υδροφορέα, 3 διαχειριστικές λεκάνες (τη λεκάνη απορροής με το ρόλο τροφοδοσίας και τις δύο λεκάνες αρδευτικών απολήψεων), 3 κόμβους (έναν κόμβο προσφοράς νερού που αντιστοιχεί στο υπόγειο υδρογραφικό δίκτυο και δύο κόμβους ζήτησης νερού, που αντιστοιχούν στις κτηνοτροφικές και υδρευτικές ανάγκες) και όλες τις συνδέσεις των παραπάνω μεταξύ τους. Στη συνέχεια απεικονίζεται το τελικό αποτέλεσμα του μοντέλου, όπως περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 30: Τελικό μοντέλο Υδατικού Συστήματος Νέστου στο περιβάλλον του WEAP (επεξήγηση συμβόλων στο σχήμα 5 & στο Χάρτη 10)

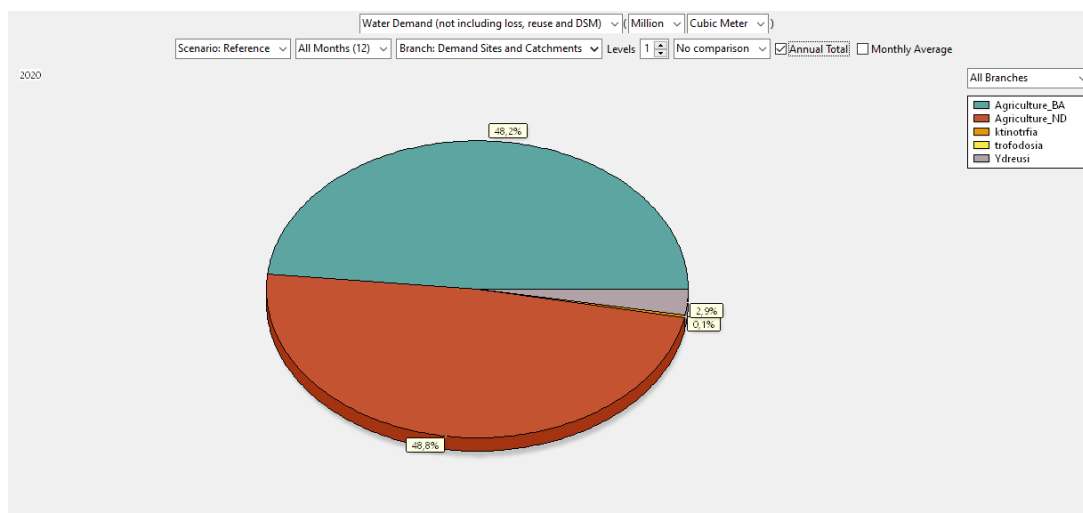
Στο χάρτη που ακολουθεί (Χάρτης 10) φαίνεται ολοκληρωμένο το Υδατικό Μοντέλο που δημιουργήθηκε μέσω του λογισμικού WEAP. Στο υπόμνημα του χάρτη αναλύονται όλα τα σύμβολα (σημειακά & γραμμικά) που χρησιμοποιήθηκαν για την απόδοση του τελικού αποτελέσματος.



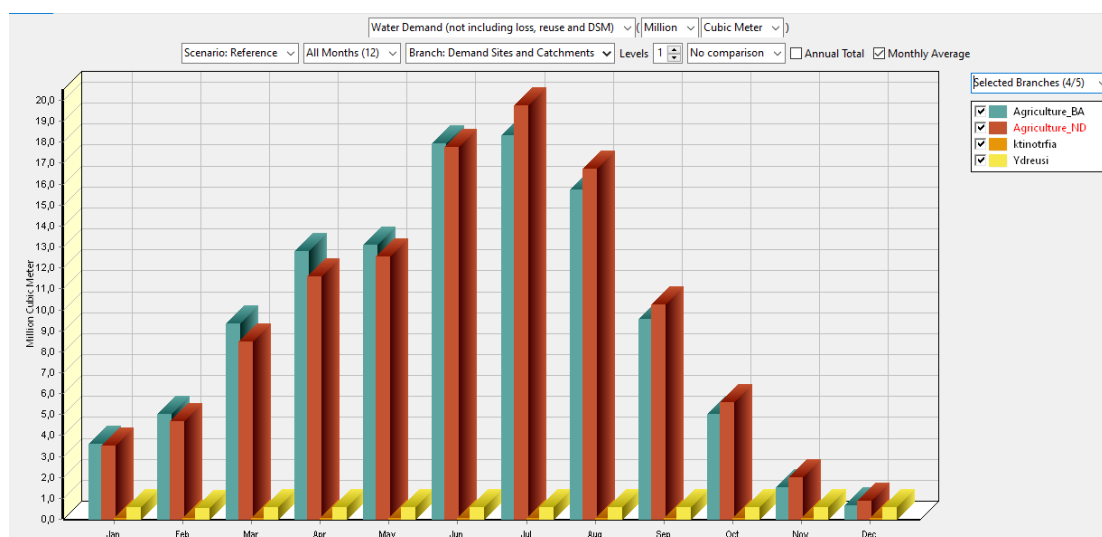
4.4. Αποτελέσματα Υδατικού Μοντέλου

4.4.1 Ζήτηση Νερού

Μετά τη σχηματοποίηση του υδατικού συστήματος και την εισαγωγή των δεδομένων απορροής, διήθησης, αναγκών και απολήψεων, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος των στατιστικών αποτελεσμάτων του υδατικού μοντέλου. Η απόδοση των αποτελεσμάτων έγινε σε γραφική μορφή, με τη δημιουργία διαγραμμάτων που αφορούσαν στα μεγέθη της ολικής ζήτησης νερού ανά κατηγορία χρήσης, των ποσών εισροής και εκροής νερού του συστήματος καθώς και στη μηνιαία ποσότητα απορροής νερού από βροχόπτωση. Τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται στη συνέχεια:



Σχήμα 6: Ζήτηση νερού ανά κατηγορία κόμβου (μπλε χρώμα – BA καλλιέργειες, κόκκινο χρώμα – ND καλλιέργειες, πορτοκαλί – κτηνοτροφία, μωβ – ύδρευση)



Σχήμα 7: Μηνιαία ζήτηση νερού ανά κατηγορία (μπλε – BA καλλιέργειες, κόκκινο – ND καλλιέργειες, πορτοκαλί – κτηνοτροφία, κίτρινο – ύδρευση)

Τα αποτελέσματα ζήτησης νερού αποδόθηκαν σε δύο χρονικές κλίμακες για όλες τις κατηγορίες ζήτησης. Αναλυτικότερα, η πρώτη απόδοση αφορούσε τις ετήσιες ποσότητες ζήτησης νερού σε μορφή διαγράμματος πίτας για τον κάθε κόμβο ζήτησης. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο αντίστοιχο διάγραμμα, η ζήτηση νερού φαίνεται να είναι κατά πολύ μεγαλύτερη για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης με ποσοστό που φτάνει το 97% της ολικής ζήτησης, ενώ παράλληλα ποσοστό 2,9% αναφέρεται στην ζήτηση νερού ύδρευσης και μόλις το 0,1% να αφορά τις κτηνοτροφικές ανάγκες.

Σύμφωνα με τα ΣΔΛΑΠ για τη Λεκάνη απορροής Νέστου, το ποσοστό των ολικών αναγκών σε νερό που εκτιμήθηκε πως παρέχεται στον αγροτικό τομέα και την άρδευση των καλλιεργειών ανέρχεται σε 96,67%. Ακολουθεί η ύδρευση, με ποσοστό 2,93%, ενώ στο τέλος βρίσκονται η κτηνοτροφία (0,35%) και η βιομηχανία (0,05%). Παρόλο που στα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής των Ποταμών για το ΥΔ της Θράκης και τη λεκάνη απορροής Νέστου, εισήχθησαν δεδομένα βιομηχανικής χρήσης νερού, ωστόσο, στην

παρούσα περίπτωση, ιδίως λόγω μικρότερης επιφάνειας της λεκάνης απορροής, εκτιμήθηκε πως δεν υπήρχε αξιόλογη βιομηχανική δραστηριότητα εντός της περιοχής μελέτης.

Σε δεύτερο επίπεδο, εξετάστηκαν τα ποσά μηνιαίας ζήτησης νερού για κάθε κατηγορία. Στο διάγραμμα αυτό φάνηκε πως οι απολήψεις νερού για άρδευση μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια ενός έτους, με αποκορύφωμα τους θερινούς μήνες. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι κατά τους χειμερινούς μήνες, οι αρδευτικές ανάγκες για νερό μειώνονται, λόγω της ποσότητας νερού βροχόπτωσης που καλύπτει μεγάλο μέρος τους. Αντιθέτως, η ζήτηση νερού για ύδρευση και κτηνοτροφία παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

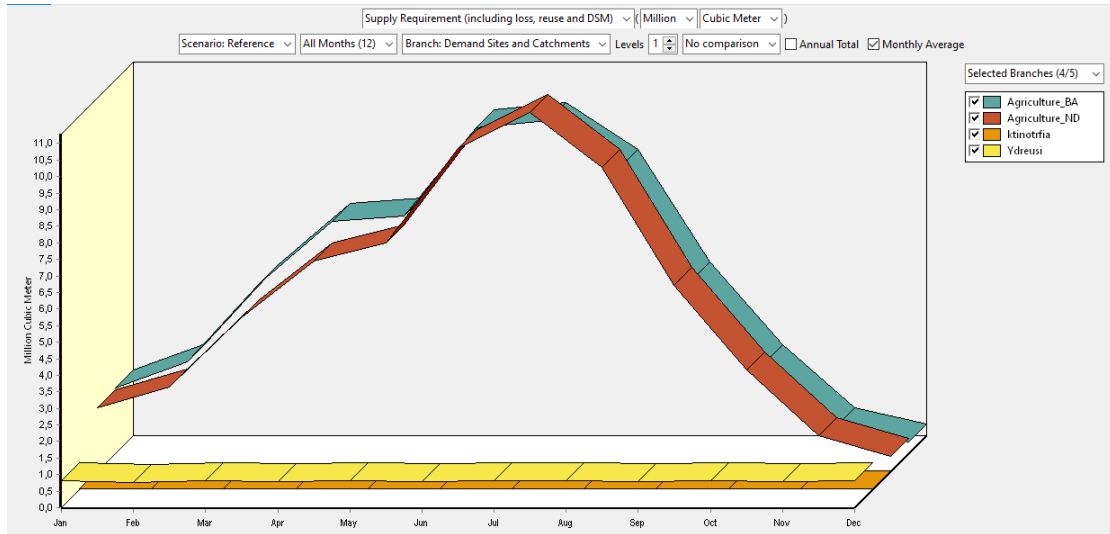
Τα μηνιαία ποσά νερού, καθώς και η ετήσια ποσότητα νερού προς κατανάλωση για κάθε χρήση γης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα αναλυτικά, όπως προέκυψαν από το WEAP21:

Πίνακας 17: Ποσότητες ζήτησης νερού ανά χρήση γης (m³)

Μήνας	ΒΑ Καλλιέργειες	ΝΔ Καλλιέργειες	Κτηνοτροφία	Ύδρευση	Σύνολο
Ιανουάριος	3.601.211,00	3.506.369,00	26.523,90	570.320,00	7.704.423,00
Φεβρουάριος	5.027.394,00	4.658.490,00	24.167,30	519.661,00	10.229.713,00
Μάρτιος	9.326.623,00	8.463.882,00	26.523,90	570.320,00	18.387.349,00
Απρίλιος	12.779.550,00	11.584.076,00	25.668,30	551.922,00	24.941.217,00
Μάιος	13.074.658,00	12.541.684,00	26.523,90	570.320,00	26.213.185,00
Ιούνιος	17.911.889,00	17.748.635,00	25.668,30	551.922,00	36.238.115,00
Ιούλιος	18.300.012,00	19.729.599,00	26.523,90	570.320,00	38.626.454,00
Αύγουστος	15.711.207,00	16.727.527,00	26.523,90	570.320,00	33.035.577,00
Σεπτέμβρης	9.542.096,00	10.259.069,00	25.668,30	551.922,00	20.378.756,00
Οκτώβρης	4.996.214,00	5.593.794,00	26.523,90	570.320,00	11.186.852,00
Νοέμβρης	1.529.748,00	1.982.793,00	25.668,30	551.922,00	4.090.132,00
Δεκέμβρης	658.866,00	862.444,00	26.523,90	570.320,00	2.118.153,00
Σύνολο	112.459.469,00	113.658.362,00	312.508,00	6.719.588,00	233.149.926,00

Όπως φαίνεται παραπάνω, η συνολική ποσότητα ζήτησης νερού ανέρχεται, περίπου, σε 233,15 Mm³ για ένα έτος, χωριζόμενη σε 226,12 Mm³ για γεωργική χρήση (97%), 6,72 Mm³ για ύδρευση (2,9%) και μόλις 0,31 Mm³ για την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών. Οι αντίστοιχες απολήψεις νερού για ολόκληρη λεκάνη απορροής του Νέστου, έχουν υπολογισθεί, σύμφωνα με τα ΣΔΛΑΠ, σε 268,07 Mm³ ετησίως. Παράλληλα, οι απολήψεις που αποδίδονται στις μελετώμενες χρήσεις γης ανέρχονται σε: 259,16 Mm³ για τη γεωργία, 7,85 Mm³ για την ύδρευση και 0,74 Mm³ για την κτηνοτροφία. Από τα παραπάνω, συμπεραίνεται πως η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε στο υδατικό μοντέλο, αποτελεί μία αρκετά πιστή προσέγγιση της πραγματικότητας.

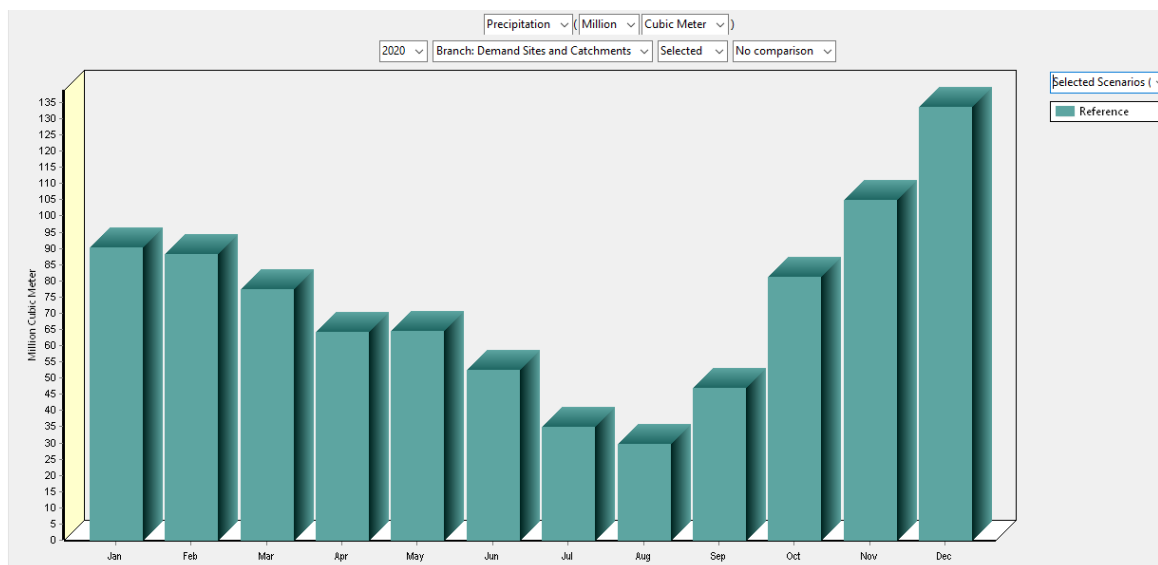
4.4.2 Απαίτηση Παροχής Νερού



Σχήμα 8: Απαίτηση παροχής νερού ανά κλάδο ζήτησης (μπλε – ΒΑ καλλιέργειες, κόκκινο – ΝΔ καλλιέργειες, πορτοκαλί – κτηνοτροφία, κίτρινο – ύδρευση)

Στα πλαίσια της απόδοσης των αποτελεσμάτων ζήτησης, δημιουργήθηκε και η γραφική απεικόνιση της απαίτησης παροχής νερού για κάθε κόμβο ζήτησης. Όπως και στο διάγραμμα μηνιαίας ζήτησης, έτσι κι εδώ φαίνεται πως, ενώ οι ποσότητες υδρευτικών και κτηνοτροφικών αναγκών μένουν σταθερά μικρότερες κατά τη διάρκεια του έτους, η ποσότητα ζήτησης νερού για άρδευση λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές από το Μάρτιο έως και τον Οκτώβρη. Ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η ανάγκη νερού φαίνεται να είναι μέγιστη, ενώ οι μήνες από το Νοέμβρη έως και το Φεβρουάριο, αποτελούν περίοδο που απαιτείται λιγότερη τροφοδοσία νερού για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών.

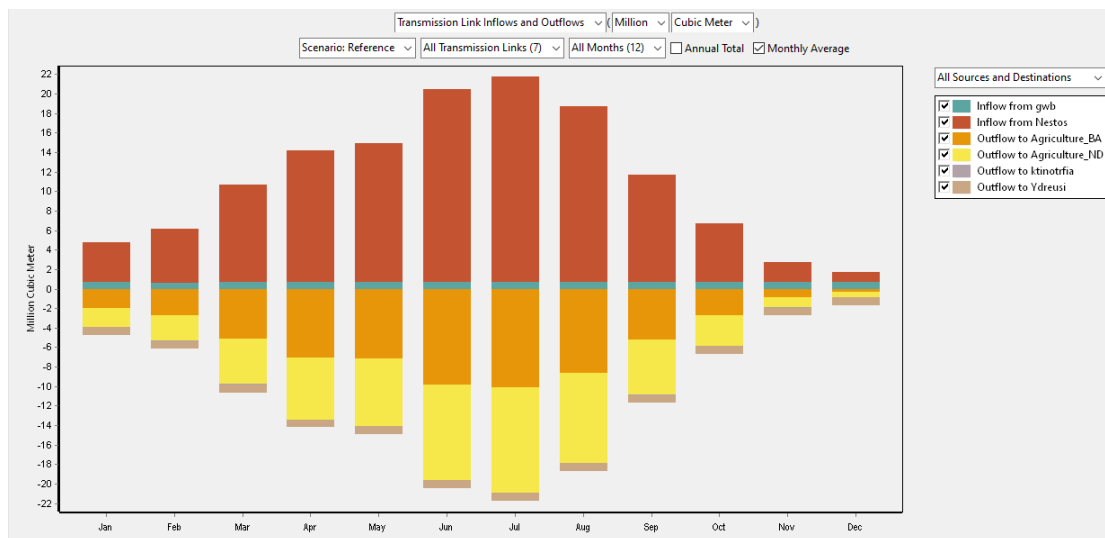
4.4.3 Βροχόπτωση



Σχήμα 9: Απεικόνιση μηνιαίας ποσότητας βροχόπτωσης (μπλε χρώμα – σενάριο αναφοράς)

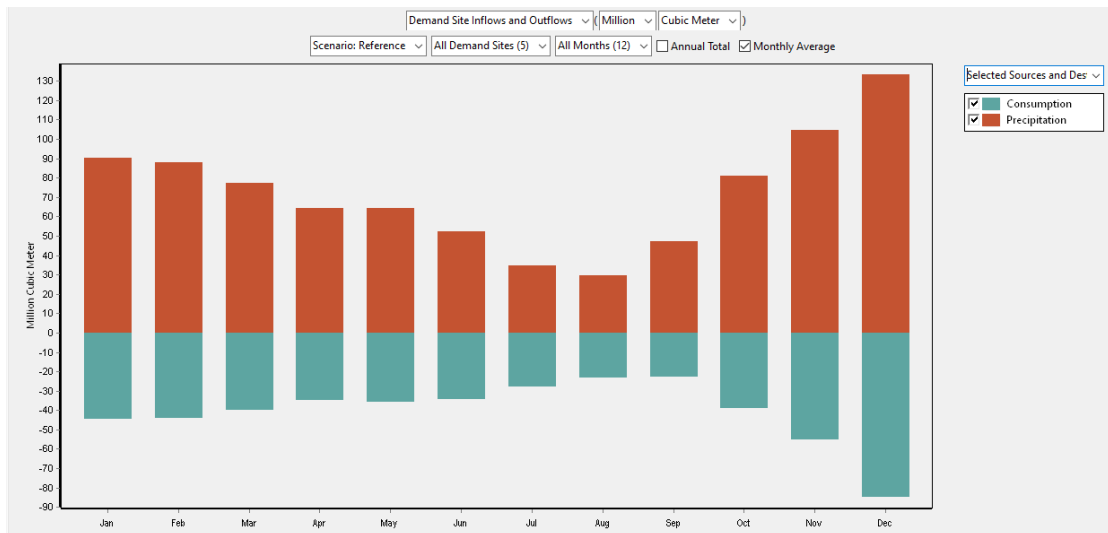
Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος της τροφοδοσίας νερού, θεωρήθηκε σκόπιμο να αποδοθεί η απεικόνιση των ποσοτήτων νερού που προέρχονται από βροχόπτωση σε σχετικό μηνιαίο διάγραμμα, με βάση τα δεδομένα της ΕΜΥ. Όπως φαίνεται στο σχήμα 9, η βροχόπτωση λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, ενώ η ελάχιστη τιμή της εμφανίζεται τον Αύγουστο. Μέσω της βροχόπτωσης, λοιπόν, ολοκληρώνεται η εικόνα τροφοδοσίας νερού για τις αρδευτικές ανάγκες και αιτιολογούνται τα χαμηλά ποσοστά απολήψεων αρδευτικού νερού των χειμερινών μηνών.

4.4.4 Εισροές και εκροές συστήματος



Σχήμα 10: Εισροές και εκροές όλων των πηγών και προορισμών (γαλάζιο – εισροές από ΥΥΣ, κόκκινο – εισροές από ΕΥΣ, πορτοκαλί – εκροές στις ΒΑ καλλιέργειες, κίτρινο – εκροές στις ΝΔ καλλιέργειες, μπεζ – εκροές για την ύδρευση)

Στο Σχήμα 10 αποδίδονται όλες οι εισροές και εκροές νερού μέσω των συνδέσεων μεταφοράς νερού (Transmission Link). Οι πηγές νερού που τροφοδοτούν το σύστημα φαίνεται να καλύπτονται από την επιφανειακή, την υπόγεια απορροή και τη βροχόπτωση, ενώ αντίστοιχα φαίνεται η κατανάλωση νερού και η ποσότητα που επιστρέφει στο υδατικό σύστημα με την απόδοση αρνητικών τιμών στο διάγραμμα.



Σχήμα 11: Σύγκριση βροχόπτωσης και κατανάλωσης (κόκκινο – βροχόπτωση, μπλε – κατανάλωση)

Τέλος, πραγματοποιείται η σύγκριση της ποσότητας νερού που εισρέει στο σύστημα από τη βροχόπτωση και της ποσότητας που καταναλώνεται από τους κόμβους ζήτησης (Σχήμα 11).

Κεφάλαιο 5^ο: Μοντελοποίηση κλιματικών προβλέψεων με βάση τα κλιματικά σενάρια & συμπερίληψη προγράμματος αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ

5.1. Κλιματικά Μοντέλα

5.1.1 Γενικά

Τα κλιματικά μοντέλα είναι υπολογιστικά εργαλεία, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση του κλίματος της γης και την εξέλιξη που θα έχει αυτό με την πάροδο του χρόνου. Οι παράμετροι και τα δεδομένα που λαμβάνονται υπόψη είναι η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική σύνθεση, οι ακτινοβολιακές εισροές από τον ήλιο, οι αλλαγές στις θάλασσες και τις ροές των ωκεανών, η γεωγραφική διάταξη του εδάφους και πολλοί ακόμα παράγοντες.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, τα κλιματικά μοντέλα προσομοιώνουν φυσικούς νόμους εφαρμόζοντας μαθηματικές εξισώσεις, ώστε να αποδώσουν την εξέλιξη του κλίματος, σε διαφορετικές συνθήκες. Έτσι, αναπαράγουν προβλέψεις για τις κλιματικές αλλαγές, συγκαταλέγοντας παράγοντες, όπως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η αλλαγή των χρήσεων γης και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν το κλίμα.

Τα κλιματικά μοντέλα αποτελούν εργαλεία ιδιαίτερης σημασίας, όσον αφορά στην κατανόηση και την πρόβλεψη των κλιματικών χαρακτηριστικών. Οι χρονικές κλίμακες των κλιματικών μοντέλων αντιστοιχούν σε εποχικές, ετήσιες, δεκαετείς ή εκατονταετείς περιόδους. Τα μοντέλα αυτά ερευνούν το κατά πόσο οι παρατηρούμενες κλιματικές αλλαγές οφείλονται στη φυσική μεταβλητότητα, στην ανθρώπινη δραστηριότητα ή ακόμα και σε συνδυασμό των ανωτέρω. Τα αποτελέσματά τους μπορούν να αποτελέσουν πηγή πληροφόρησης, βάσει της οποίας ενδείκνυται να ενημερωθούν αποφάσεις εθνικής, περιφερειακής και τοπικής σημασίας. Οι αποφάσεις αυτές μπορεί να αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, τη γεωργία, τις μεταφορές και τον αστικό σχεδιασμό. Τέλος, σε ευρύτερη κλίμακα, τα κλιματικά μοντέλα είναι εργαλεία σημαντικά για την κατανόηση των παγκόσμιων κλιματικών αλλαγών και των πιθανών επιπτώσεών τους και μπορούν να αποτελέσουν πληροφορία για την ανάπτυξη πολιτικών ελέγχου και μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α), (ΠΕ.Σ.Π.Κ.Α. Περιφέρειας Αττικής)

5.1.2 Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα (GCM)

Ένα Παγκόσμιο Κλιματικό Μοντέλο (GCM) είναι μία πολύπλοκη μαθηματική αναπαράσταση των βασικών συνιστωσών του κλιματικού συστήματος (ατμόσφαιρα, γήινη επιφάνεια, ωκεανοί και θαλάσσιοι πάγοι) και των αλληλεπιδράσεών τους. Το κλειδί για τις μακροπρόθεσμες κλιματικές προβλέψεις είναι το ενεργειακό ισοζύγιο της γης μεταξύ των τεσσάρων συνιστωσών. (Παυλίδης, 2015)

Οι βασικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος, που εξετάζονται από τα κλιματικά μοντέλα είναι:

- ο Η ατμοσφαιρική συνιστώσα, που προσομοιώνει τα σύννεφα και τα αερολύματα και κατέχει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά θερμότητας και νερού και όλη την υδρόγειο

- Η συνιστώσα της γήινης επιφάνειας, η οποία προσομοιώνει τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, όπως η βλάστηση, τα υπέργεια και υπόγεια ύδατα, η χιονοκάλυψη και η αποθήκευση άνθρακα
- Η συνιστώσα των ωκεάνιων συστημάτων, που προσομοιώνει την κίνηση και την ανάμιξη των ωκεάνιων ρευμάτων και τη βιογεωχημεία, δεδομένου ότι ο ωκεανός είναι η κυρίαρχη δεξαμενή θερμότητας και άνθρακα στο κλιματικό σύστημα
- Η συνιστώσα των θαλάσσιων πάγων, που διαμορφώνει την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την ανταλλαγή θερμότητας και νερού μεταξύ της ατμόσφαιρας και των ωκεανών.

Η απεικόνιση των παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων πραγματοποιείται μέσω ενός τρισδιάστατου κανάβου, παγκόσμιας κλίμακας, με οριζόντια ανάλυση από 250 έως 600 km, με 10 έως 20 κάθετα επίπεδα για την ατμόσφαιρα και έως 30 επίπεδα για τους ωκεανούς. Όμως, ορισμένες απεικονίσεις μπορεί να μην υλοποιούνται σε καλό βαθμό, αφού απαιτούν καλύτερη ανάλυση και μπορεί να επηρεάζονται από σύννεφα και υδρατμούς (IPCC, 2013).

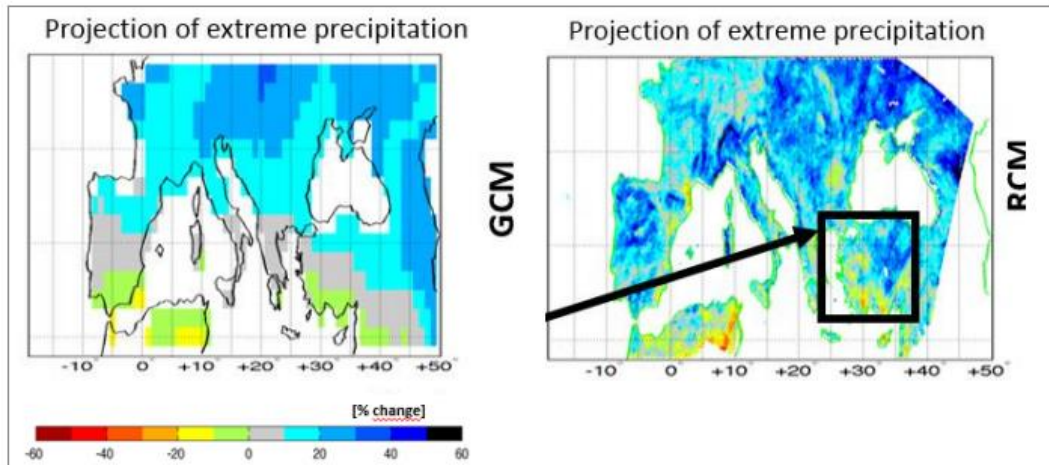
Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το Παγκόσμιο Κλιματικό Μοντέλο HadGEM2-ES της οικογένειας μοντέλων Hadley Centre Global Environment Model version 2 (HadGEM2), που αποτελείται από μία σειρά από ειδικές διαμορφώσεις μοντέλων, τα οποία ενσωματώνουν διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας, αλλά με κοινό φυσικό πλαίσιο. Η οικογένεια HadGEM2 περιλαμβάνει μια διαμόρφωση συζευγμένης ατμόσφαιρας-ωκεανού, με ή χωρίς κατακόρυφη επέκταση της ατμόσφαιρας και μία διαμόρφωση του συστήματος Γης, με τα χαρακτηριστικά της δυναμικής βλάστησης, της βιολογίας των ωκεανών και της ατμοσφαιρικής χημείας.

(<https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2>)

5.1.3 Διαδικασία αποκλιμάκωσης (Down-scaling)

Προκειμένου να αποδοθούν οι κλιματικές προβλέψεις τοπικής εμβέλειας εισάγεται η έννοια του υποβιβασμού κλίμακας ή αποκλιμάκωσης (downscaling), όπως ορίζεται από το National Centre for Atmospheric Research GIS Program – NCAR (Hoar and Nychka, 2008). Όπως είναι εύκολα κατανοητό, τα Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα (GCM) δεν είναι δυνατό να επιφέρουν λεπτομερή απόδοση των χαρακτηριστικών, που θα απαντά σε κλίμακα μικρότερη του ορισμένου κανάβου. Το χονδρικό αποτέλεσμα που αποδίδουν κυμαίνεται μεταξύ 2° έως 3°, ενώ η ανάγκη ανάλυσης για την περιγραφή τοπικών συνθηκών είναι αρκετά υψηλότερη.

([MPE \(pde.gov.gr\)](http://MPE(pde.gov.gr)))

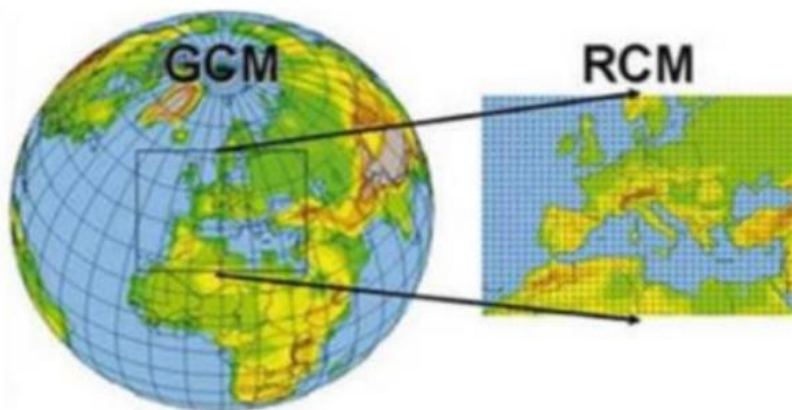


Εικόνα 31: Αποτέλεσμα υποβιβασμού κλίμακας Παγκόσμιου Κλιματικού Μοντέλου σε Περιοχικό Κλιματικό Μοντέλο ([MPE \(pde.gov.gr\)](http://MPE.pde.gov.gr))

Η διαδικασία υποβιβασμού κλίμακας καθιστά το αποτέλεσμα του Κλιματικού Μοντέλου σε απόδοση μικρότερης κλίμακας, ανεξάρτητο επηρεασμού από το πρόβλημα χονδροειδούς κλίμακας και αβεβαιότητας. Έτσι, οι μελετώμενοι παράγοντες καθορισμού κλίματος (θερμοκρασία και βροχόπτωση) αποδίδονται σε υψηλότερη ανάλυση. Σκοπό των τεχνικών αποκλιμάκωσης αποτελεί η διατήρηση των συστατικών του κλίματος αλλά και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.

5.1.4 Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models-RCM's)

Τα Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα χρησιμοποιούνται για την κλιματική προσομοίωση της Γης σε υψηλότερη χωρική ανάλυση, σε σχέση με τα Παγκόσμια Κλιματικά Μοντέλα, αναφορικά με μία περιορισμένη χωρική περιοχή. Το βασικότερο χαρακτηριστικό τους είναι η απόδοση της φυσικής γήινης επιφάνειας με μεγαλύτερη λεπτομέρεια (τοπογραφία και φυσικές παράμετροι) στη συγκεκριμένη κλίμακα για την οποία αρχικά κατασκευάστηκαν. ([MPE \(pde.gov.gr\)](http://MPE.pde.gov.gr))



Εικόνα 32: Απόδοση καλύτερης χωρικής ανάλυσης με χρήση Περιοχικού Κλιματικού Μοντέλου (RCM) (Πηγή εικόνας: Ιστότοπος, [MPE \(pde.gov.gr\)](http://MPE.pde.gov.gr))

Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα Περιοχικό Μοντέλο, απαιτείται ο συνδυασμός μοντέλων που ανήκουν στο ίδιο Παγκόσμιο Μοντέλο, αλλά απαντούν σε διαφορετική κλίμακα, ώστε να αποδοθούν οι τοπικές συνθήκες, με υψηλό επίπεδο λεπτομέρειας. Ως εκ τούτου, η ανάλυση

του Παγκοσμίου Μοντέλου καθορίζει απόλυτα και το Περιοχικό Μοντέλο, με την υψηλότερη ανάλυση και πραγματοποιείται ο έλεγχός του μέσω μαθηματικών σχέσεων. Εκτός της μικρότερης χωρικής μονάδας την οποία αποδίδουν, τα Περιοχικά Μοντέλα μπορούν να περιλαμβάνουν παραμέτρους αερίων του θερμοκηπίου ως φυσικές και δυναμικές κινήσεις. Παράλληλα, προσφέρουν τη δυνατότητα προσομοίωσης, σε ικανοποιητικό βαθμό, της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και των κλιματικών μεταβλητών, αποδίδοντας τα χαρακτηριστικά αυτά σε κλίμακα υψηλότερης ανάλυσης (IPCC, 2001).

Η ανάλυση των προϊόντων των Περιοχικών Μοντέλων κυμαίνεται από 10 έως 20 χιλιόμετρα και οι προσομοιώσεις δύναται να αφορούν το παρελθόν ή το μέλλον, με χρονικό περιθώριο ετών έως και δεκαετιών, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες τοπογραφικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής (Jones et al., 1997). Επιπλέον, δίνουν τη δυνατότητα ικανοποιητικής περιγραφής των ολοκληρωτικών αναδράσεων του κλίματος σε περιφερειακή κλίμακα, εφόσον συνδυάζουν μοντέλα περιορισμένης εμβέλειας με την περιγραφή της υπάρχουσας θερμοδυναμικής των ανώτερων επιπέδων του εδάφους, καθώς και πολλές από τις μεταβλητές του κλίματος (Giorgi et al., 2001).

Το Περιοχικό Κλιματικό Μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία είναι το μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17. Αποτελεί δεδομένο των προσομοιώσεων CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment) με το Περιφερειακό Κλιματικό Μοντέλο CCLM4-8-17 για την Ευρώπη, που είναι υψηλής ανάλυσης και παρέχεται από την CLMcom. Το CORDEX αποτελεί πρωτοβουλία του Ευρωπαϊκού κλάδου EURO-CORDEX και στοχεύει στην οργάνωση ενός διεθνώς συντονισμένου πλαισίου για την παραγωγή κλιματικών προσομοιώσεων. Κάθε σύνολο δεδομένων περιέχει μία μόνο μεταβλητή και είναι διαφοροποιημένο σύμφωνα με το πρωτόκολλο δεδομένων CORDEX: NetCDF-4. Τα χαρακτηριστικά και τα ονόματα αρχείων αποδίδονται σύμφωνα με το καθορισμένο συντακτικό αναφοράς δεδομένων CORDEX. Τα δεδομένα παρέχονται στο υπολογιστικό πλέγμα του μοντέλου και περιλαμβάνουν τα ιστορικά πειράματα αξιολόγησης RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εξαναγκασμού που προέρχονται από τις εκροές του μοντέλου HadGEM2-ES.

5.2. Κλιματικά Σενάρια

5.2.1 Ορισμός

Κλιματικό σενάριο είναι μία ρεαλιστική εκτίμηση (και όχι πρόγνωση) των μελλοντικών κλιματικών συνθηκών, που επιτυγχάνεται με την απλουστευμένη αναπαράσταση των μελλοντικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, μέσω υποθετικών σεναρίων που αφορούν στις αιτίες εκπομπής των αερίων αυτών (κοινωνικοί, πολιτικοί, οικονομικοί παράγοντες κ.ο.κ.). Στόχος των κλιματικών σεναρίων είναι η εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν στο κλίμα οι ανθρωπογενείς παράγοντες. Παρόλο που ο ρυθμός εξέλιξης των εκπομπών και συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου είναι αβέβαιος, χρίζεται αναγκαία η καταγραφή και ομαδοποίηση των δεδομένων παρατήρησης, με σκοπό την απόδοση μέτρων αντιμετώπισης (Βλαχογιάννη, 2019).

Δημιουργήθηκαν οικογένειες σεναρίων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου “SRES”, που προβλέπουν τα αίτια των ανθρωπογενών εκπομπών, με βάση παράγοντες που περιλαμβάνουν από δημογραφικές αλλαγές, έως και τεχνολογικές, οικονομικές και πολιτικές εξελίξεις. Συγκεκριμένα, η Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (Intergovernmental

Panel on Climate Change – IPCC) συνέταξε την Ειδική Έκθεση για Σενάρια Εκπομπών (Special Report on Emission Scenarios – SRES), που περιλαμβάνει τέσσερις οικογένειες εναλλακτικών σεναρίων (A1, A2, B1 και B2), με βασική διαφοροποίηση το επίπεδο οικονομικής και δημογραφικής ανάπτυξης σε σχέση με το βαθμό της παγκοσμιοποίησης.

Τα σενάρια που υπάγονται στις ομάδες αυτές, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των εκπομπών του θερμοκηπίου, χωρίς, όμως, να περιλαμβάνουν πολιτικές προστασίας του περιβάλλοντος. Με βάση την SRES, αναπτύχθηκαν συνολικά 40 ισοδύναμα κλιματικά σενάρια, αφού δεν ορίστηκαν οι πιθανότητες πραγματοποίησής τους. Κάθε ομάδα σεναρίων ορίζει κοινές υποθέσεις σχετικά με τον παγκόσμιο πληθυσμό, το ακαθάριστο παγκόσμιο προϊόν και την τελικώς παραγόμενη ενέργεια. Τα προαναφερθέντα χαρακτηρίζονται ως “εναρμονισμένα σενάρια” (Harmonized Scenarios – HS) και διαφοροποιούνται από τα “άλλα σενάρια” (Other Scenarios – OS), που αφορούν στις αβεβαιότητες των αιτιών των εκπομπών αερίων (IPCC, 2001) (Καρτάλης κ.α., 2017).

5.2.2 Οικογένειες Σεναρίων A & B

Τα σενάρια τύπου “A” είναι προσανατολισμένα προς την οικονομία, σε αντίθεση με τα σενάρια τύπου “B”, που αφορούν περισσότερο το περιβάλλον. Παράλληλα, τα σενάρια με αριθμό “1” (A1 και B1) αποτυπώνουν τα στοιχεία της παγκοσμιοποίησης, προσδίδοντας στοιχεία ομοιογένειας μεταξύ των περιοχών, ενώ τα σενάρια τύπου “2” αφορούν σε έναν πιο ετερογενή κόσμο. Συγκεκριμένα:

Κλιματικά Σενάρια A1: Ορίζουν την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού έως και το 2050 και στη συνέχεια τη μείωσή του. Χαρακτηρίζονται από ραγδαία οικονομική ανάπτυξη και ιδιαίτερος υψηλή κατανάλωση ενέργειας, όμως ταυτόχρονα εξασφαλίζουν τη διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Κατά τα σενάρια αυτά, κυριαρχεί ομοιογένεια στον πλανήτη, με αυξημένη κοινωνική και πολιτισμική αλληλεπίδραση και μείωση των διαφορών στο κατά κεφαλήν εισόδημα μεταξύ των περιοχών. Αποτέλεσμα των ανωτέρω συνθηκών αποτελεί η έντονη αύξηση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, που δύναται να φτάσει τα 720 ppm, έως το έτος 2100. Παράλληλα, με βάση τον τρόπο ταχείας τεχνολογικής ανάπτυξης ορίζονται τρεις υποομάδες ως εξής:

- ❖ A1FI: ανάπτυξη βασισμένη στα ορυκτά καύσιμα
- ❖ A1T: ανάπτυξη βασισμένη σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας και κατάργηση των ορυκτών καυσίμων
- ❖ A1B: ανάπτυξη βασισμένη στην ισορροπία μεταξύ όλων των πηγών ενέργειας

Κλιματικά Σενάρια A2: Ορίζουν έντονη ετερογένεια μεταξύ των περιοχών του πλανήτη, με στοιχεία τοπικής αυτάρκειας και διατήρησης των ιδιαίτερων ταυτοτήτων. Η αύξηση του πληθυσμού είναι συνεχής και ραγδαία, ενώ έντονη είναι και η κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, το κατά κεφαλήν εισόδημα και οι τεχνολογική ανάπτυξη παρουσιάζουν αργή αύξηση, σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Το αποτέλεσμα είναι η ραγδαία αύξηση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, που προβλέπεται να φτάσει τα 850 ppm, έως το 2100. (IPCC, 2001)

Κλιματικά Σενάρια B1: Ορίζουν ομοιογενείς συνθήκες στον πλανήτη, με τον πληθυσμό να παρουσιάζει αύξηση έως το 2050 και στη συνέχεια μείωση, όπως και στα σενάρια τύπου A1. Παράλληλα, ραγδαίες είναι οι οικονομικές και τεχνολογικές εξελίξεις, που οδηγούν προς τη μείωση χρήσης των συμβατικών πηγών και την αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

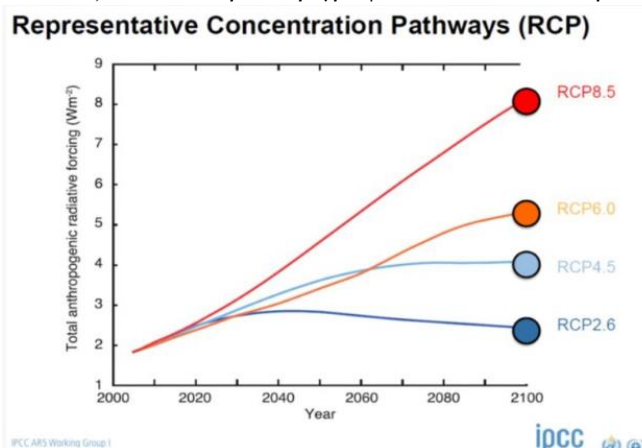
Το κατά κεφαλήν εισόδημα αυξάνεται σε παγκόσμια κλίμακα. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω παρατηρείται ήπια αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, ιδιαιτέρως από το 2050 και μετά, που μέχρι το 2100 θα φτάσει τα 550 ppm. (IPCC, 2001)

Κλιματικά Σενάρια B2: Η ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, στα σενάρια αυτά, είναι μέτρια, ενώ έμφαση δίνεται στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις είναι ηπιότερες σε σχέση με τα σενάρια A1 και B1 και η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μικρότερη σε σχέση με τα σενάρια τύπου A2. Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα είναι μέτρια, αλλά σταθερή και υπολογίζεται να φτάσει τα 620 ppm έως το 2100. (IPCC, 2001)

5.2.3 Σενάρια Αντιπροσωπευτικών Πορειών Συγκέντρωσης Θερμοκηπιακών αερίων – RCPs

Σε συνέχεια των σεναρίων SRES, η διακυβερνητική επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), εξέδωσε το 2014 την 5^η έκθεση αξιολόγησης (5th Assessment Report). Σύμφωνα με την έκθεση αυτή, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οφείλονται κατά βάση στο μέγεθος του πληθυσμού, την οικονομική δραστηριότητα, την κατανάλωση ενέργειας, τα πρότυπα χρήσεων γης, την τεχνολογία και τις πολιτικές που ακολουθούνται για το κλίμα.

Οι Αντιπροσωπευτικές Τιμές Συγκέντρωσης (Representative Concentration Pathways – RCP), περιγράφουν τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις, τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και τις χρήσεις, κατά τον 21^ο αιώνα. Τα RCP αποτελούνται από ένα αυστηρό σενάριο μετριασμού (RCP 2.6), δύο ενδιάμεσα σενάρια (RCP 4.5 και RCP 6.0) και ένα σενάριο με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (RCP 8.5). Τα ανωτέρω περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια:



Εικόνα 33: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων CO₂, ανά κατηγορία RCP (Πηγή: IPCC 5th Assessment Report (IPCC, 2014))

RCP2.6: Αποτελεί ένα αυστηρό σενάριο μετριασμού των εκπομπών CO₂ και ορίζει ένα σενάριο με πολύ χαμηλές εκπομπές, με στόχο τον περιορισμό της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας στους 2°C έως και τα τέλη του 21^{ου} αιώνα. Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, γίνεται η παραδοχή πως οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειώνονται κατά 70% την περίοδο 2010 έως 2100. Έτσι, απαιτούνται ουσιαστικές αλλαγές

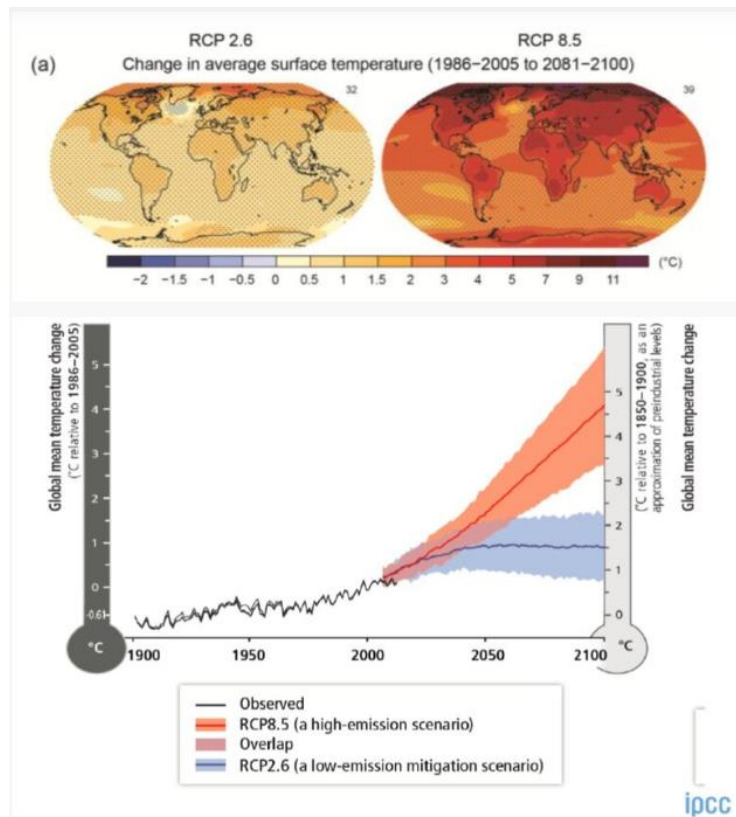
στην χρήση και παραγωγή ενέργειας με εκπεμπόμενα αέρια εκτός του CO₂ και στην εφαρμογή των τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (Vuuren et al., 2011). Με το σενάριο αυτό, οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα αναμένεται να φτάσουν τα 443 ppm έως το 2050, όμως μειώνονται στα 421 ppm έως το 2100.

RCP4.5: Αντιπροσωπεύει ένα μέτριο σενάριο εκπομπών, με τη μέτρια αύξησή τους και τον περιορισμό τους με την εφαρμογή μέτρων. Αναμένεται να οδηγήσει σε μία μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας, που θα κυμαίνεται κάτω από τους 3°C, σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή. Παράλληλα, εκτιμάται πως ενδέχεται να προκαλέσει μερικές αλλαγές στον ωκεανό, αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων και μέτριες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Σύμφωνα με το σενάριο αυτό, η κορύφωση των εκλύσεων αερίων του θερμοκηπίου φτάνει τα 487 ppm το 2050, ενώ έως το 2100 θα αυξηθεί στα 538 ppm.

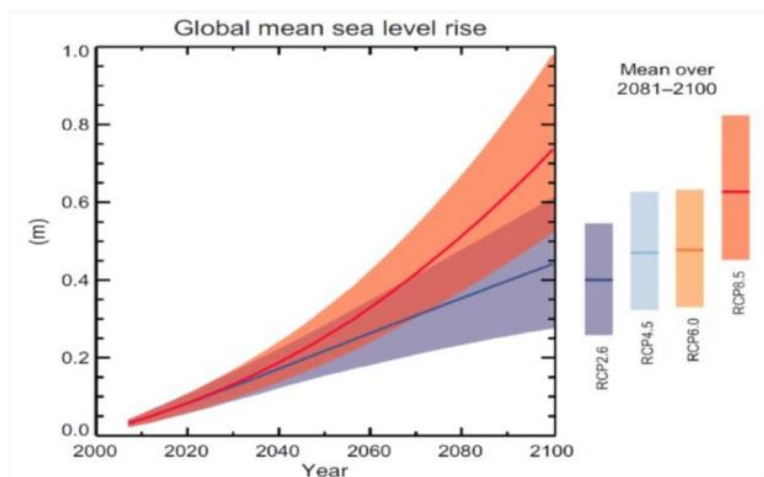
RCP6.0: Ορίζει ένα σενάριο με υψηλές εκπομπές, αλλά με μέτριες συνέπειες. Αναμένεται να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας, με πιθανή κύμανση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας σε άνω των 3°C, αλλά με μέτρα που περιορίζουν τις επιπτώσεις. Είναι πιθανό να έχει μεγάλες επιπτώσεις στους ωκεανούς, αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων και μετρίων επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα. Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα αναμένεται να φτάσουν τα 520 ppm έως το 2050 και να αυξηθούν στα 700 ppm έως το 2100.

RCP8.5: Αποτελεί το σενάριο με τις υψηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Αναμένεται να οδηγήσει σε μία σημαντική και γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 4°C, σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή. Οι επιπτώσεις εκτιμάται πως θα είναι σοβαρές για τους ωκεανούς, τα οικοσυστήματα, την κλιματική ανοχή, τη γεωργία, την υγεία και της οικονομία. Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα αναμένεται να φτάσουν τα 541 ppm έως το 2050 και να αυξηθούν στα 936 ppm έως το 2100.

Κάθε ένα από τα σενάρια προσφέρει μια διαφορετική εικόνα των πιθανών μελλοντικών συνθηκών και επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και τις πολιτικές δράσεις για τη μείωσή τους. Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των κλιματικών σεναρίων RCP2.6 και RCP8.5 για τον Μετεωρολογικό Σταθμό της Χρυσούπολης, έως και το 2100.



Εικόνα 34: Πρόβλεψη της αύξησης επιφανειακής θερμοκρασίας σύμφωνα με τα σενάρια RCP2.6 και RCP8.5 (IPCC, 2014)



Εικόνα 35: Πρόβλεψη της αύξησης της στάθμης της θάλασσας σύμφωνα με τα σενάρια RCP2.6 και RCP8.5 (IPCC, 2014)

5.3. Επεξεργασία κλιματικών δεδομένων

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αναπαράσταση των κλιματικών συνθηκών για τα σενάρια RCP2.6 & RCP8.5, συλλέχθηκαν μελλοντικά κλιματικά δεδομένα για τον μετεωρολογικό σταθμό της Χρυσούπολης. Τα δεδομένα αυτά, όπως προαναφέρθηκε, προήρθαν από το Περιοχικό Μοντέλο CLMcom-CCLM4-8-17, όπως προέκυψε μετά από καταβιβασμό κλίμακας από το Παγκόσμιο Κλιματικό Μοντέλο HadGEM2-ES, της οικογένειας μοντέλων Hadley Centre Global Environment Model version 2 (HadGEM2). Για

τη μοντελοποίηση των κλιματικών σεναρίων εκτιμήθηκε ότι οι απαραίτητες μεταβλητές απόδοσης των κλιματικών συνθηκών ήταν η θερμοκρασία (°C) και η βροχόπτωση (mm). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν τα έτη από το 2021 έως και το 2100 και αναφέρονταν σε μηνιαίες τιμές των παραπάνω μεταβλητών. Από τις δύο παραπάνω συνιστώσες επιτεύχθηκε και η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών εξατμισοδιαπνοής, όπως προέκυπτε για τα νέα δεδομένα. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την παραγωγή τιμών εξατμισοδιαπνοής ήταν απλουστευτική, δεδομένου ότι διατηρήθηκαν αναλλοίωτα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της μεθόδου Blaney-Criddle. Έτσι, μετά την επεξεργασία τους, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή τους στο περιβάλλον του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων WEAP21.

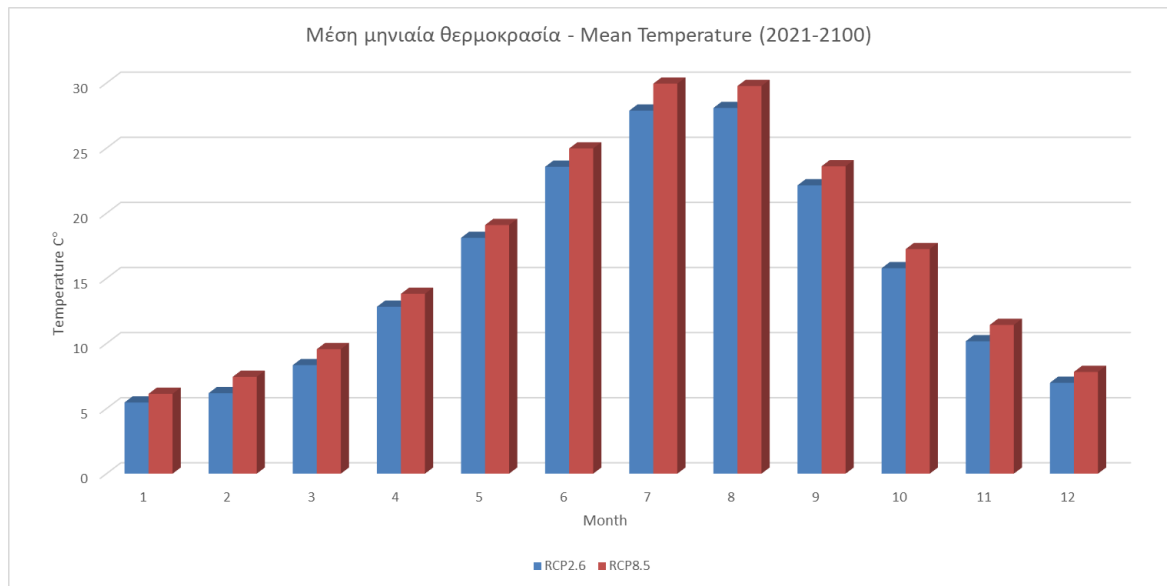
5.3.1. Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας προς επεξεργασία, αφορούσαν σε μηνιαίες τιμές και ξεκινούσαν από το έτος 2006, καταλήγοντας στο 2100. Οι μηνιαίες τιμές αφορούσαν στην πρώτη ημέρα του κάθε μήνα, για το σύνολο των ετών αναφοράς. Τα σενάρια για τα οποία παρέχονταν δεδομένα, ήταν τα RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε, για τις ανάγκες της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των σεναρίων RCP2.6 και RCP8.5, από το 2021 και μετά. Τα εν λόγω δεδομένα ταξινομήθηκαν, αφού έγινε η παραδοχή ότι κάθε τιμή θερμοκρασίας αναφέρεται στο σύνολο του μήνα, ως μέση τιμή. Στη συνέχεια, προκειμένου να είναι δυνατή η εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό, απαιτήθηκε η σύμπτυξη των δεδομένων κάθε χρόνου, για τη δημιουργία μίας ενιαίας ετήσιας χρονοσειράς. Έγινε εκτίμηση των μ.ο. θερμοκρασίας για καθένα από τα δύο κλιματικά σενάρια, όπως φαίνεται στον Πίνακα 18:

Πίνακας 18: Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) για τα κλιματικά σενάρια RCP

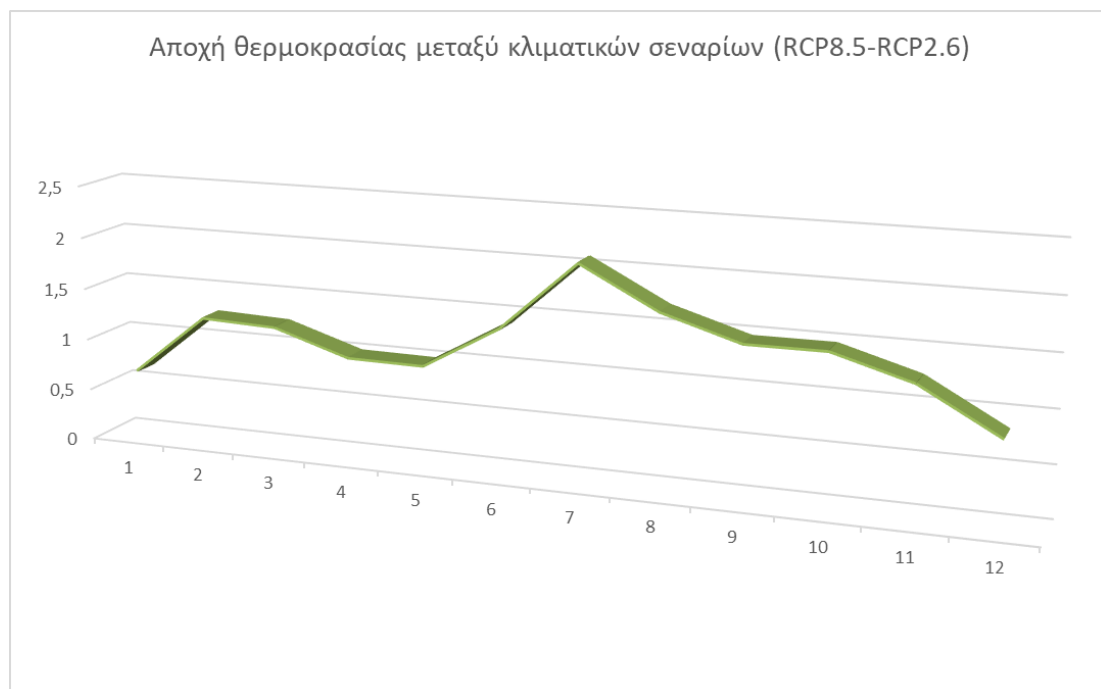
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (2021-2100)		
Μήνας/Σενάριο	RCP2.6	RCP8.5
Ιανουάριος	5,47	6,13
Φεβρουάριος	6,18	7,44
Μάρτιος	8,34	9,56
Απρίλιος	12,82	13,81
Μάιος	18,11	19,10
Ιούνιος	23,57	24,98
Ιούλιος	27,88	29,95
Αύγουστος	28,08	29,77
Σεπτέμβρης	22,14	23,61
Οκτώβρης	15,78	17,25
Νοέμβρης	10,17	11,42
Δεκέμβρης	6,98	7,82

Με βάση τα παραπάνω, δημιουργήθηκε γράφημα απεικόνισης της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για κάθε κλιματικό σενάριο (Σχήμα 12):



Σχήμα 12: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κλιματικών σεναρίων

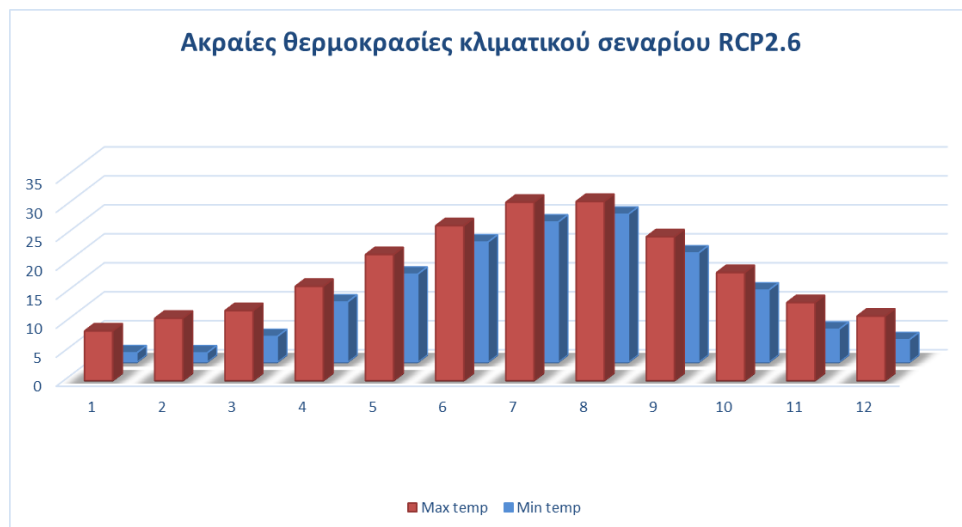
Όπως προκύπτει από τα δεδομένα, διακρίνεται πως οι τιμές θερμοκρασίας για το κλιματικό σενάριο RCP8.5 είναι αρκετά υψηλότερες από αυτές του RCP2.6, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αναφοράς. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα ήταν αναμενόμενο, καθώς η θερμοκρασία βρίσκεται σε αναλογία με τις αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, που περιγράφονται στο σενάριο RCP8.5. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι υψηλότερες θερμοκρασίες αναμένονται τον μήνα του Ιουλίου, ενώ οι χαμηλότερες τον μήνα του Ιανουαρίου. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο κλιματικών σεναρίων κυμαίνεται από 0,6 έως και 2°C μηνιαίως και αποδίδεται γραφικά στο Σχήμα 13:



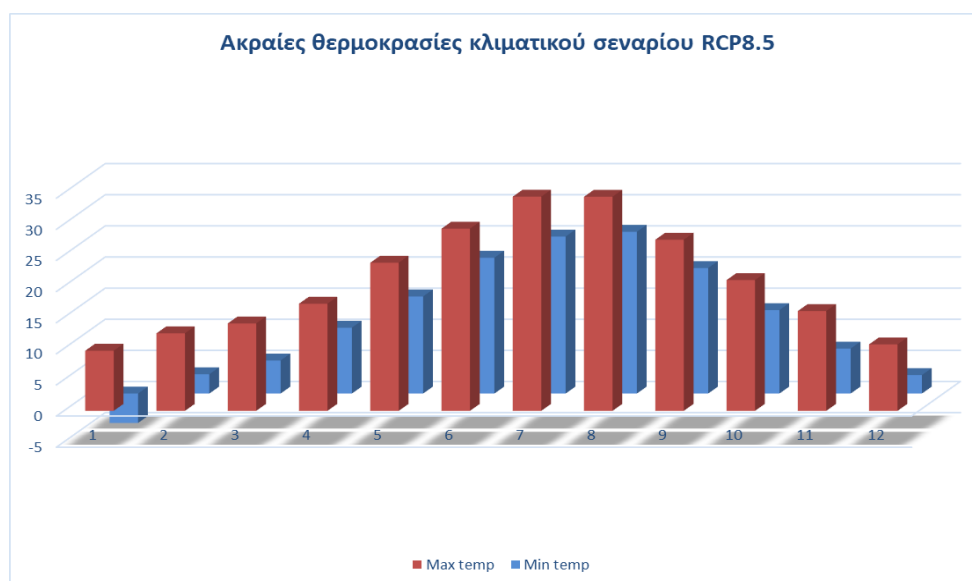
Σχήμα 13: Διάγραμμα αποχής μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας μεταξύ των κλιματικών σεναρίων

Σύμφωνα με το τελευταίο διάγραμμα (Σχήμα 13), η μεγαλύτερη απόκλιση των μέσων μηνιαίων τιμών φαίνεται πως προκύπτει για το μήνα του Ιουλίου ($2,07^{\circ}\text{C}$), ενώ η μικρότερη διαφορά παρατηρείται κατά τον Ιανουάριο ($0,66^{\circ}\text{C}$). Οι αποχές αυτές εξετάστηκαν, προκειμένου να βρεθούν οι μήνες, για τους οποίους είναι αναμενόμενο να υπάρχουν μεγαλύτερες αποκλίσεις στην κατανάλωση νερού, μεταξύ των δύο σεναρίων. Βάσει της ανάλυσης της θερμοκρασίας, δίνεται μία πρώτη εντύπωση διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων για τα δύο σεναρίων για του θερινούς, κυρίως, μήνες, ενώ για τον Ιανουάριο και το Δεκέμβριο αναμένονται πιο κοντινά μεταξύ τους αποτελέσματα. Ωστόσο, το παραπάνω αποτελεί συμπέρασμα της ανάλυσης μίας εκ των δύο παραμέτρων (θερμοκρασία & βροχόπτωση), γεγονός που αφήνει περιθώρια διαπίστωσης διαφορετικού αποτελέσματος.

Με βάση τα αρχικά δεδομένα θερμοκρασίας δημιουργήθηκαν διαγράμματα για κάθε σενάριο, τα οποία αφορούσαν στις ακραίες τιμές θερμοκρασίας (ελάχιστη & μέγιστη) που παρατηρούνταν για κάθε μήνα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα Σχήματα 14 & 15:



Σχήμα 14: Διάγραμμα ακραίων τιμών θερμοκρασίας σεναρίου RCP2.6



Σχήμα 15: Διάγραμμα ακραίων τιμών θερμοκρασίας σεναρίου RCP8.5

Από τα Σχήματα 14 και 15 παρατηρείται πως το μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών όπως είναι αναμενόμενο, συμβαίνει στο κλιματικό σενάριο RCP8.5. Φαίνεται, λοιπόν, πως η μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ θερμοκρασιών πραγματοποιείται για το μήνα του Ιανουαρίου, με τη μέγιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται κοντά στους 10°C και την ελάχιστη να πλησιάζει τους -5 °C.

Είναι γεγονός πως το κλιματικό σενάριο RCP8.5 αποτελεί ένα από τα πιο ανησυχητικά σενάρια για την αλλαγή του κλίματος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της θερμοκρασίας περιλαμβάνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τις αλλαγές στις χρήσεις γης, τις τεχνολογικές εξελίξεις και άλλες φυσικές και ανθρωπογενείς διαδικασίες. Για τις περιοχές, όπου εκτιμάται μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας, θεωρείται πως θα προκύψουν ακόμα μεγαλύτερες μεταβολές. Οι επιπτώσεις θα είναι πολλαπλές, όχι μόνο για τη θερμοκρασία, αλλά και για άλλα κλιματικά φαινόμενα, όπως οι βροχοπτώσεις, οι καύσωνες, η μείωση της στάθμης της θάλασσας, κ.ο.κ.. Οι επιπτώσεις αυτές δύναται να αποτελέσουν πολύ σοβαρό παράγοντα για το περιβάλλον, την υγεία των ανθρώπων, αλλά και την οικονομία. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (WMO) και της Επιστημονικής Επιτροπής του UNFCCC Scientific Advisory Board, οι περιοχές με μεγαλύτερη διακύμανση θερμοκρασίας συχνά αναφέρονται ως «κλιματικά ευαίσθητες περιοχές». Αυτές μπορεί να εμφανίζουν έντονες αλλαγές στη θερμοκρασία λόγω διάφορων παραγόντων, όπως η γεωγραφική τους θέση, η κοντινή απόσταση από τους ωκεανούς, τα υψομετρικά τους χαρακτηριστικά και η τοπική γεωγραφία τους. (IPCC, 2001)

Ορισμένα παραδείγματα περιοχών με μεγαλύτερη διακύμανση θερμοκρασίας ανά το έτος, περιλαμβάνουν τις εξής:

1. **Αρκτική και Ανταρκτική Περιοχή:** Οι εκτάσεις του Βόρειου και Νότιου Πόλου είναι υπερβολικά ευαίσθητες στις αλλαγές της θερμοκρασίας. Η άνοδος της θερμοκρασίας στις περιοχές αυτές έχει ιδιαίτερος σοβαρές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της τήξης των πάγων, της απώλειας του παγετώνα και της αλλαγής του παγετώσιου καθεστώτος.
2. **Περιοχές Υψηλού Υψομέτρου:** Ορεινές περιοχές, όπως οι Άλπεις και άλλες περιοχές με υψηλό υψόμετρο, είναι επίσης ευαίσθητες στις αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να επηρεάσουν την ύπαρξη του χιονιού και των παγετώνων, καθώς και τη ροή των ποταμών που εξαρτώνται από αυτά.
3. **Εύφορες Περιοχές και Περιοχές Ερήμωσης:** Οι περιοχές που βρίσκονται σε μέρη εύφορα ή μέρη ερήμωσης μπορεί να εμφανίζουν μεγαλύτερη διακύμανση της θερμοκρασίας, λόγω των αλλαγών στην κατανομή των βροχοπτώσεων και των παραγόντων που επηρεάζουν την ένταση της ακτινοβολίας του ήλιου.

Οι παραπάνω περιοχές είναι κρίσιμες για την κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, αλλά και των δράσεων που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση των αλλαγών αυτών.

5.3.2. Δεδομένα Βροχόπτωσης

Τα δεδομένα βροχόπτωσης που συλλέχθηκαν ακολουθούσαν την ίδια λογική, με τις τιμές να αναφέρονται σε χιλιοστά βροχόπτωσης της πρώτης ημέρας κάθε μήνα, για τα έτη 2021-2100. Από τα στοιχεία αυτά, υπολογίστηκαν τιμές μηνιαίων χιλιοστών βροχόπτωσης για κάθε έτος και στη συνέχεια αποδόθηκαν οι μέσες τιμές χιλιοστών βροχόπτωσης για το διάστημα 2021-2100 σε μία ενιαία ετήσια χρονοσειρά. Τα σενάρια αναφοράς ήταν τα RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5, από τα οποία συλλέχθηκαν τα δεδομένα μόνο των RCP2.6 και RCP8.5.

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), στην περίπτωση του σεναρίου RCP8.5 αναμένονται, συνήθως, τα εξής:

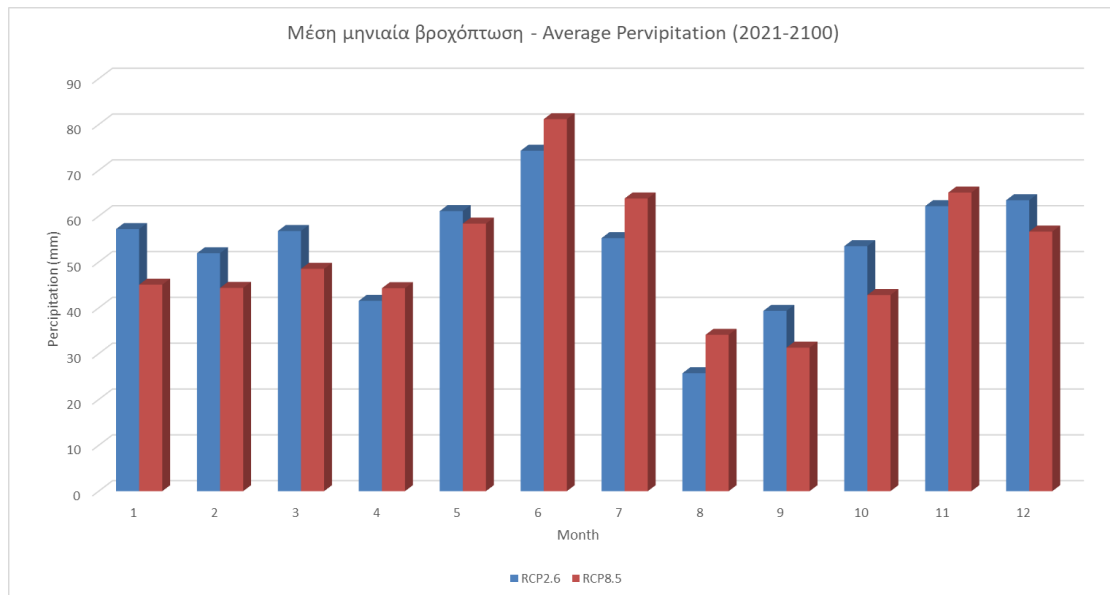
1. **Αυξημένη Ατμοσφαιρική Υγρασία:** Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, που περιγράφονται στο σενάριο αυτό, συνήθως συνοδεύονται από αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία, που αναμένεται να οδηγήσει σε αυξημένες βροχοπτώσεις. Κάτι τέτοιο παρατηρείται, στην περίπτωση που μελετάται, κατά τους θερινούς μήνες.
2. **Έντονες Καταιγίδες:** Είναι πιθανό να παρουσιαστούν μεγαλύτερες και πιο επιθετικές καταιγίδες, που συντελούν στους αυξημένους δείκτες βροχόπτωσης.
3. **Αλλαγές στα Πρότυπα Βροχοπτώσεων:** Είναι αναμενόμενες οι αλλαγές στην κατανομή, τη συχνότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων, γεγονός που μπορεί να συντελέσει στην αύξηση φαινομένων πλημμύρας ή ξηρασίας για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

Τα δεδομένα, όπως προέκυψαν μετά από την επεξεργασία, αποδίδονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 19: Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) για τα κλιματικά σενάρια RCP

Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) (2021-2100)		
Μήνας/Σενάριο	RCP2.6	RCP8.5
Ιανουάριος	57,18697	45,05773
Φεβρουάριος	51,91492	44,3553
Μάρτιος	56,76799	48,50883
Απρίλιος	41,53116	44,28675
Μάιος	61,10322	58,37358
Ιούνιος	74,27927	81,16729
Ιούλιος	55,20638	63,86366
Αύγουστος	25,73502	34,11754
Σεπτέμβρης	39,33737	31,31297
Οκτώβρης	53,45923	42,80079
Νοέμβρης	62,19113	65,15267
Δεκέμβρης	63,47528	56,64032

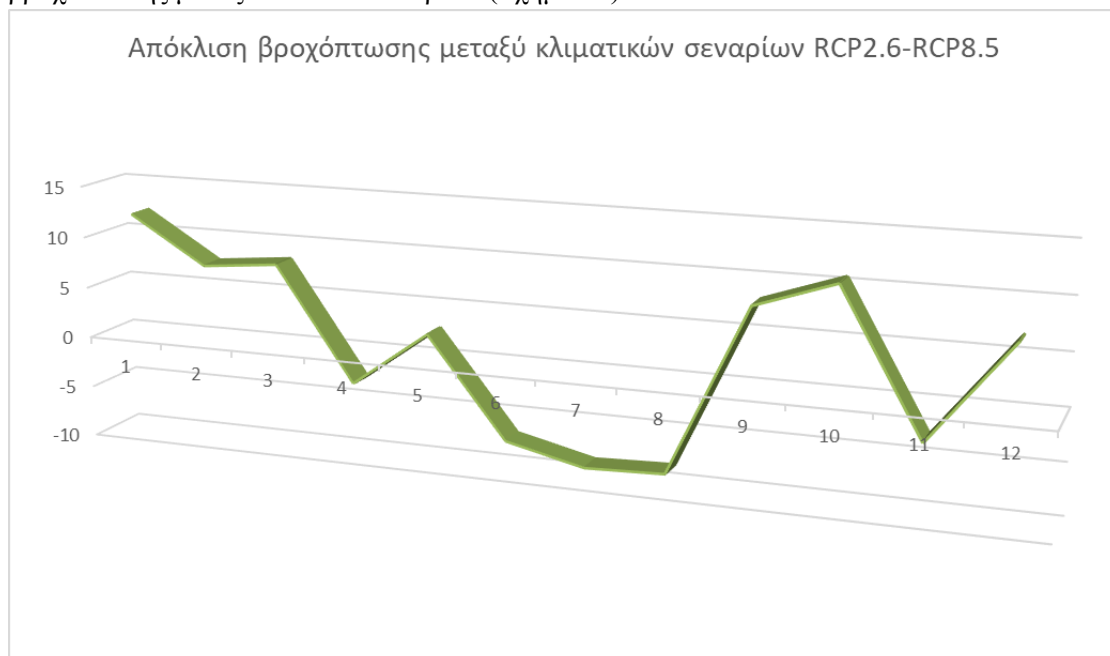
Από τα παραπάνω, προέκυψε το διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης, που παρουσιάζεται στη συνέχεια (Σχήμα 16):



Σχήμα 16: Μέση μηνιαία βροχόπτωση για τα κλιματικά σενάρια RCP

Όπως είναι εμφανές, τα δύο σενάρια διαφοροποιούνται σε κάποιο βαθμό μεταξύ τους, καθώς παρατηρείται αλλαγή των μοτίβων βροχόπτωσης ανά μήνα. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως για το σενάριο RCP8.5 αποδίδονται λιγότερα κατακρημνίσματα κατά τους χειμερινούς μήνες και εντονότερες βροχοπτώσεις κατά τους θερινούς μήνες, σε σχέση με το μετριοπαθές κλιματικό σενάριο RCP2.6.

Στη συνέχεια, παρατίθεται το διάγραμμα καταγραφής της απόκλισης της μηνιαίας βροχόπτωσης μεταξύ των δύο σεναρίων (Σχήμα 17).



Σχήμα 17: Απόκλιση τιμών βροχόπτωσης για τα κλιματικά σενάρια RCP

Όπως παρατηρείται παραπάνω, οι αποκλίσεις της βροχόπτωσης μεταξύ των δύο σεναρίων (RCP2.6 – RCP8.5) φαίνεται να λαμβάνουν μέγιστες τιμές κατά τους μήνες του Ιανουαρίου και του Οκτωβρίου, ενώ οι ελάχιστες τιμές της διαφοράς παρατηρούνται τους μήνες του

Ιουλίου και του Αυγούστου. Στα σημεία αυτά, των ακροτάτων του διαγράμματος, αναμένονται οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο σεναρίων και στην κατανάλωση νερού. Συνδυάζοντας και τις πληροφορίες των δεδομένων θερμοκρασίας, εκτιμάται πως οι θερινοί μήνες θα παρουσιάζουν αρκετά μεγάλες αποκλίσεις για τα δύο σενάρια.

5.3.3. Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής και εισαγωγή στο μοντέλο

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία ακριβέστερη απόδοση των κλιματικών συνθηκών για κάθε κλιματικό σενάριο, κρίθηκε απαραίτητος ο προσδιορισμός ενός ακόμα μεγέθους. Κατά τη διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου, για την απόδοση των επιλεγμένων κλιματικών σεναρίων, παρατηρήθηκε ότι η μέση μηνιαία θερμοκρασία δεν ήταν δυνατό να αποδοθεί άμεσα, ως παράμετρος τροποποίησης του μοντέλου. Για το λόγο αυτό και προκειμένου να σχηματιστεί μία, όσο το δυνατόν, ακριβέστερη «εικόνα» των κλιματικών συνθηκών, χρησιμοποιήθηκε το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής, που υπεισέρχεται άμεσα στη διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου, ενώ ενσωματώνει την απόδοση των θερμοκρασιακών δεδομένων. Για τη χρήση του εν λόγω μεγέθους στη διαδικασία, έγινε η παραδοχή πως τα μεγέθη: της έντασης του ανέμου (m/s), της ελάχιστης σχετικής υγρασίας (%), της βαρομετρικής πίεσης (hPa) καθώς και του ποσοστού ημερών ηλιοφάνειας (n/N) παραμένουν σταθερά, αν ακολουθηθεί η εμπειρική μέθοδος προσδιορισμού εξατμισοδιαπνοής Blaney-Criddle. Τα συγκεκριμένα μεγέθη, δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστούν εκ νέου, με βάση τα δεδομένα των κλιματικών σεναρίων και θεωρήθηκε πως, σε συνδυασμό με τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, αντιπροσωπεύουν σε επαρκή βαθμό τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες των σεναρίων. Στους Πίνακες 20 & 21, αποδίδονται οι μέσες μηνιαίες παράμετροι με σκοπό τον υπολογισμό των νέων τιμών εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 20: Μέσες μηνιαίες τιμές κλιματικών δεδομένων για το σενάριο RCP2.6

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP2.6 - ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ						
ΜΗΝΑΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (hPa)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ P	ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΜΕΡΩΝ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ [n/N]
1	2,37	5,47	68,25	1018,48	57,19	0,42
2	2,61	6,18	65,36	1017,34	51,91	0,42
3	2,79	8,34	55,49	1015,71	56,77	0,42
4	2,55	12,82	44,53	1013,27	41,53	0,46
5	2,40	18,11	35,22	1013,29	61,10	0,52
6	2,09	23,57	26,14	1011,70	74,28	0,66
7	2,08	27,88	22,67	1011,22	55,21	0,81
8	2,15	28,08	23,26	1012,32	25,74	0,84
9	2,21	22,14	28,11	1014,79	39,34	0,70
10	2,16	15,78	35,38	1017,58	53,46	0,54
11	2,13	10,17	51,06	1018,12	62,19	0,41
12	2,23	6,98	61,23	1019,05	63,48	0,39

Πίνακας 21: Μέσες μηνιαίες τιμές κλιματικών δεδομένων για το σενάριο RCP8.5

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP8.5 - ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ						
ΜΗΝΑΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (hPa)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ P	ΠΟΣΟΣΤΟ ΗΜΕΡΩΝ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ [n/N]
1	2,37	6,13	68,25	1018,48	45,06	0,42
2	2,61	7,44	65,36	1017,34	44,36	0,42
3	2,79	9,56	55,49	1015,71	48,51	0,42
4	2,55	13,81	44,53	1013,27	44,29	0,46
5	2,40	19,10	35,22	1013,29	58,37	0,52
6	2,09	24,98	26,14	1011,70	81,17	0,66
7	2,08	29,95	22,67	1011,22	63,86	0,81
8	2,15	29,77	23,26	1012,32	34,12	0,84
9	2,21	23,61	28,11	1014,79	31,31	0,70
10	2,16	17,25	35,38	1017,58	42,80	0,54
11	2,13	11,43	51,06	1018,12	65,15	0,41
12	2,23	7,82	61,23	1019,05	56,64	0,39

Με βάση τα δεδομένα των Πινάκων 20 και 21 για τα δύο κλιματικά σενάρια RCP2.6 & RCP8.5 προέκυψαν οι αντίστοιχες εκτιμήσεις για το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής, με την εμπειρική μέθοδο προσδιορισμού εξατμισοδιαπνοής Blaney-Criddle, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3 του παρόντος. Οι εκτιμήσεις των ενδιάμεσων μεγεθών και τα αποτελέσματα των δεδομένων εξατμισοδιαπνοής αποδίδονται στη συνέχεια, για κάθε κλιματικό σενάριο (Πίνακες 22 και 23).

Πίνακας 22: Προσδιορισμός εξατμισοδιαπνοής για το κλιματικό σενάριο RCP2.6

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP2.6 - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ					
ΜΗΝΑΣ	P	f	a	b	Etr
1	6,82	71,720484	-1,58496	1,682409403	119,0782522
2	6,72	72,87822358	-1,60275	1,696684701	122,0486218
3	8,37	99,05503091	-1,5829	1,716360582	168,4312548
4	9	125,0671421	-1,69068	1,776364857	220,4741917
5	9,92	162,0000611	-1,66557	1,887417235	304,0961377
6	10,2	192,1833574	-1,74574	2,152748749	411,9767393
7	10,23	213,0398226	-1,98159	2,443923859	518,6715175
8	9,61	201,0291572	-2,14309	2,456297625	491,6443482
9	8,4	152,7679435	-1,93932	2,210263756	335,7181246
10	7,75	118,254836	-1,72192	1,908019336	223,9105946
11	6,6	83,68361977	-1,55593	1,642011001	135,8534896
12	6,51	72,97989937	-1,52282	1,594357363	114,8332241

Πίνακας 23: Προσδιορισμός εξατμισοδιαπνοής για το κλιματικό σενάριο RCP8.5

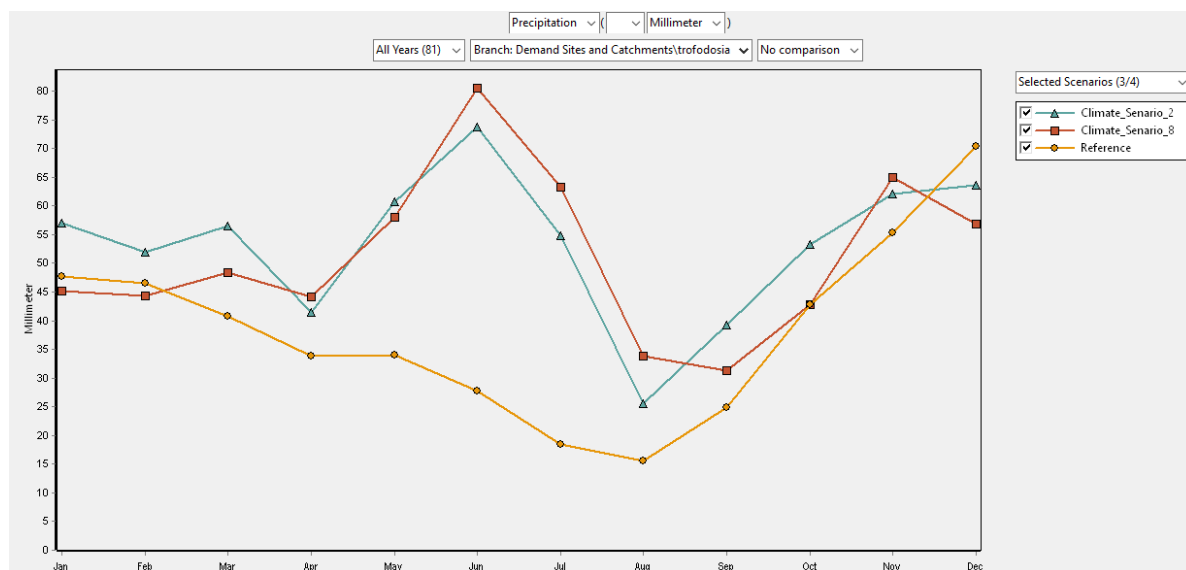
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ RCP8.5 - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ					
ΜΗΝΑΣ	P	f	a	b	Etr
1	6,82	73,80291714	-1,63712	1,684455379	122,6806007
2	6,72	76,74996961	-1,63525	1,697095698	128,6167917
3	8,37	103,7748104	-1,61841	1,715875105	176,4462036
4	9	129,1882578	-1,67884	1,7768284	227,8665301
5	9,92	166,5024948	-1,67731	1,886226534	312,3841166
6	10,2	198,7879152	-1,71612	2,160093896	427,6844378
7	10,23	222,7944138	-1,94436	2,461027925	546,3589123
8	9,61	208,4902655	-2,10705	2,474966863	513,89945
9	8,4	158,4287286	-1,97383	2,199055445	346,4197294
10	7,75	123,4861723	-1,76775	1,903414295	233,2775952
11	6,6	87,48661295	-1,5432	1,640966651	142,0194142
12	6,51	75,49083153	-1,55221	1,59748736	119,0434429

Η διαδικασία εισαγωγής των ανωτέρω στο περιβάλλον του λογισμικού WEAP 21 πραγματοποιήθηκε με τη δημιουργία δύο νέων Σεναρίων, για τα οποία τέθηκε περίοδος επαναφοράς τα έτη 2021-2100. Τα ονόματα που δόθηκαν στα δύο Σενάκια ήταν τα αντίστοιχα ονόματα των κλιματικών σεναρίων που μελετήθηκαν (RCP 2.6 & RCP 8.5) και για κάθε Σενάριο, τα δεδομένα εισήχθησαν στο μοντέλο μέσω του πεδίου «Climate», ως παράμετροι των διαχειριστικών λεκανών και των κόμβων ζήτησης νερού.

5.4. Αποτελέσματα Κλιματικών Σεναρίων

5.4.1. Βροχόπτωση

Τα πρώτα αποτελέσματα των Κλιματικών Σεναρίων αφορούσαν στην απόδοση των κατακρημνισμάτων για τα δύο Σενάκια, σε σχέση με το Σενάριο Αναφοράς (του αρχικού μοντέλου). Παρόλο που τα δεδομένα βροχόπτωσης αναλύθηκαν στην ενότητα 6.1.2, θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί η γραφική τους αναπαράσταση, σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση που αποδόθηκε στο πρωταρχικό μοντέλο (Current Accounts) (Σχήμα 18).



Σχήμα 18: Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων βροχόπτωσης για τα Κλιματικά Σενάρια (μπλε – Κλιματικό σενάριο RCP2.6, κόκκινο – Κλιματικό σενάριο RCP8.5, πορτοκαλί – Σενάριο Αναφοράς)

Όπως είναι εμφανές, τα δύο Κλιματικά Σενάρια αναφέρονται σε περιπτώσεις, που κατά μέσο όρο, παρουσιάζονται εντονότερες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια ενός έτους. Ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, υπάρχει μεγάλη διαφορά στα μηνιαία χιλιοστά βροχόπτωσης, μεταξύ των 3 σεναρίων. Καθ’ όλη τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, το Σενάριο RCP8.5 αποδίδει τις μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης, ξεπερνώντας, όπως έχει ήδη μελετηθεί, το μετριοπαθές Σενάριο RCP2.6. Ωστόσο, κατά τους χειμερινούς μήνες, το Σενάριο RCP8.5 φαίνεται να αποδίδει το λιγότερο νερό σε φαινόμενα βροχόπτωσης, απ’ ό, τι τα άλλα δύο σενάρια. Τα παραπάνω αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα για το Σενάριο RCP8.5, αφού οι έντονες καταιγίδες αποτελούν χαρακτηριστικό της διαταραγμένης συνθήκης όπως αναφέρει και ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC).

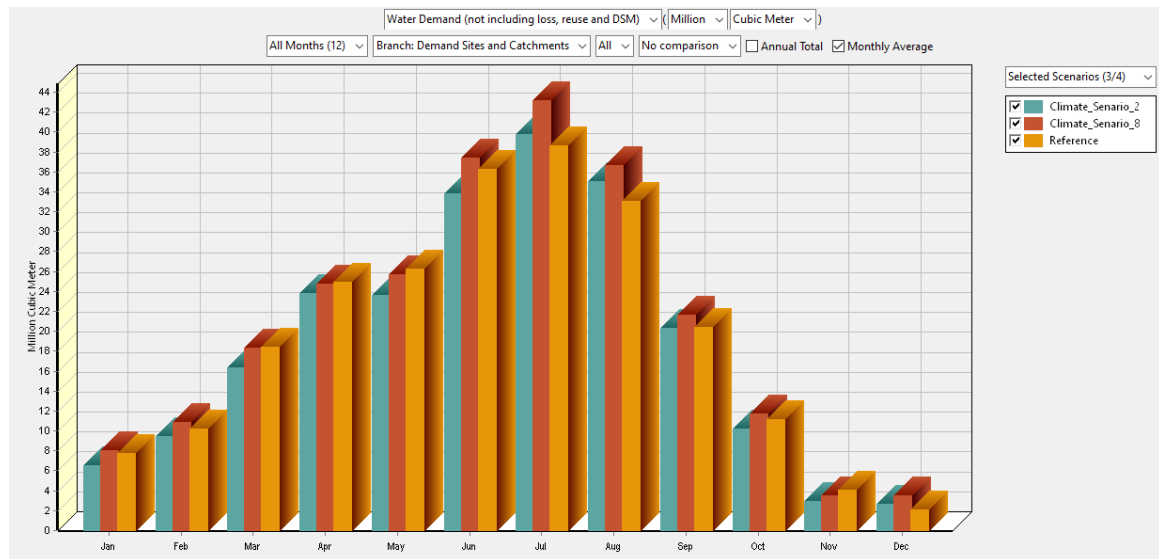
5.4.2. Ζήτηση Νερού

Στη συνέχεια αποδόθηκαν τα αποτελέσματα ζήτησης νερού προς κατανάλωση για τα δύο Κλιματικά Σενάρια, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές νερού σε κυβικά μέτρα, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό WEAP21, με βάση τα δεδομένα εισαγωγής, για κάθε περίπτωση:

Πίνακας 24: Μηνιαίες απολήψεις για τα εξεταζόμενα σενάρια

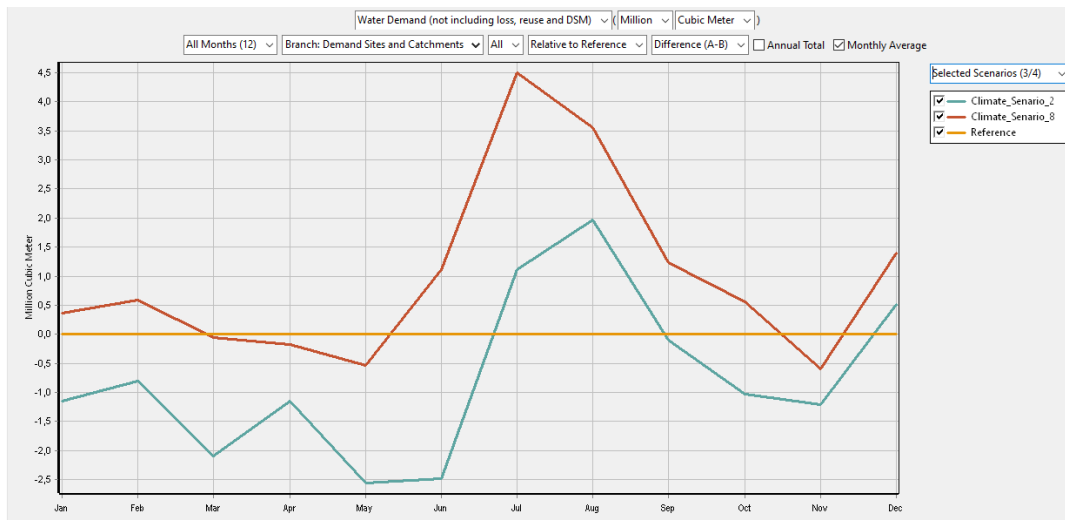
Σενάρια	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάιος	Ιουν	
Κλιματικό Σενάριο rcp2.6	6558740	9426679	16300204	23788414	23652337	33762708	
Κλιματικό Σενάριο rcp8.5	8069957	10817544	18337886	24772084	25680806	37348114	
Σενάριο αναφοράς	7704423	10229713	18387349	24941217	26213185	36238115	
Σενάρια	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοεμ	Δεκ	Σύνολο
RCP2.6	39737658	35007568	20278262	10153008	2883471	2633106	224.182.155
RCP8.5	43127736	36590917	21615948	11740828	3492336	3512172	245.106.328
Αναφοράς	38626454	33035577	20378756	11186852	4090132	2118153	233.149.926

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων, ώστε να γίνει πιο κατανοητή η σύγκριση των τριών περιπτώσεων (Σχήμα 19).



Σχήμα 19: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας ζήτησης νερού

Όπως είναι εμφανές από τον Πίνακα 24 & το Σχήμα 19, τα αποτελέσματα ζήτησης νερού ήταν αθροιστικά υψηλότερα για το Κλιματικό Σενάριο RCP 8.5 το οποίο ήταν αναμενόμενο, παρά τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης που αποδίδονται σε αυτό, δεδομένης της αυξημένης θερμοκρασίας, ιδίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Επομένως, είναι λογικό οι μεγαλύτερες αποκλίσεις να εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, με τη μέση ζήτηση νερού να απέχει έως και 7,5 Mm³ μεταξύ των Σεναρίων RCP8.5 και Αναφοράς, κατά το μήνα του Ιουλίου. Αντιθέτως, το μετριοπαθές σενάριο RCP2.6 παρουσιάζει λίγο διαφορετική εικόνα ως προς το νερό προς κατανάλωση. Συγκεκριμένα, το άθροισμα των ετήσιων καταναλισκόμενων κυβικών μέτρων νερού είναι μικρότερο από ό, τι στο Σενάριο Αναφοράς. Οι τιμές ζήτησης αυξάνονται σχετικά κατά τους μήνες του Ιουλίου, του Αυγούστου και του Δεκεμβρίου, ενώ τους υπόλοιπους περιόδους του έτους παραμένουν σταθερά χαμηλότερες από αυτές του Σεναρίου Αναφοράς. Η σχέση στη ζήτηση νερού μεταξύ των Σεναρίων RCP και του Αναφοράς απεικονίζεται, πιο κατανοητά στο Σχήμα 20 όπου η θέση 0.00 στον άξονα y αποδίδεται στο Σενάριο Αναφοράς.

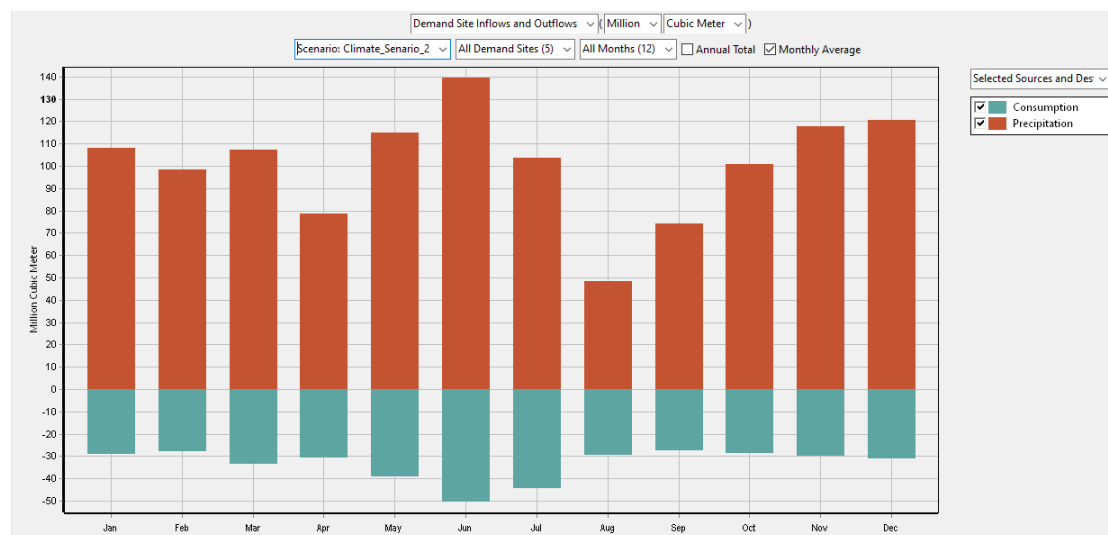


Σχήμα 20: Διάγραμμα Ζήτησης νερού Κλιματικών Σεναρίων RCP σε σχέση με Σενάριο Αναφοράς

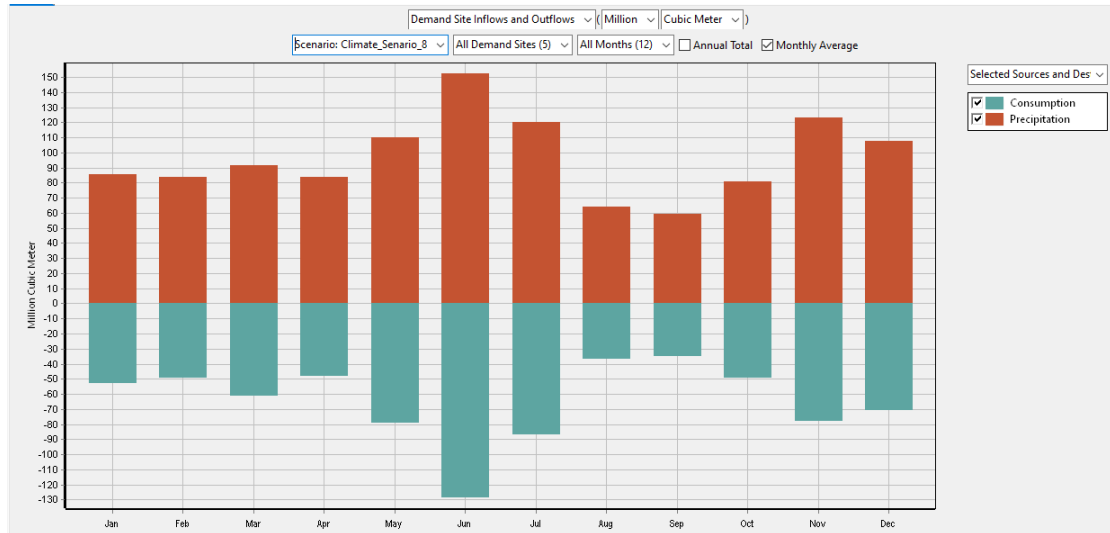
Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν μία λογική εξέλιξη της κατανάλωσης νερού σε σχέση με τα κλιματικά δεδομένα και καθιστούν ιδιαίτερα σημαντική την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη διαχείριση υδατικών πόρων.

5.4.3. Εισροές και εκροές συστήματος

Τα τελευταία αποτελέσματα που αποδόθηκαν για το υδατικό σύστημα, αφορούσαν στις ετήσιες εισροές και εκροές του σε νερό. Συγκεκριμένα, το λογισμικό προσέφερε τη δυνατότητα εξαγωγής διαγράμματος ανάλυσης του μηνιαίου ποσού νερού που αντλείται από τη βροχόπτωση, σε σχέση με το ποσό που καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών των κόμβων ζήτησης. Τα αποτελέσματα για κάθε κλιματικό σενάριο παρουσιάζονται στη συνέχεια (Σχήματα 21 και 22).

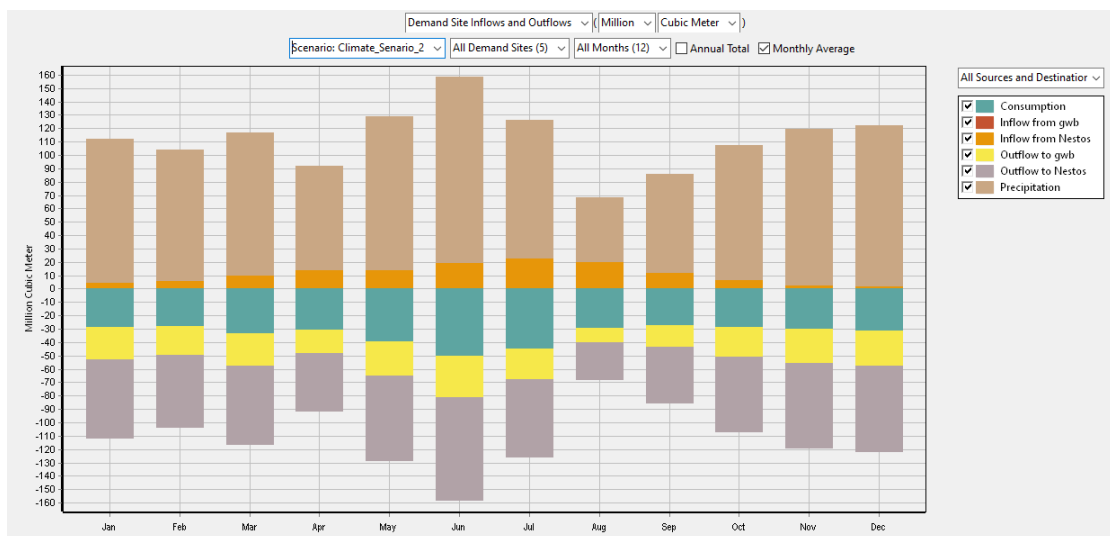


Σχήμα 21: Βροχόπτωση & κατανάλωση νερού των κόμβων ζήτησης για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6

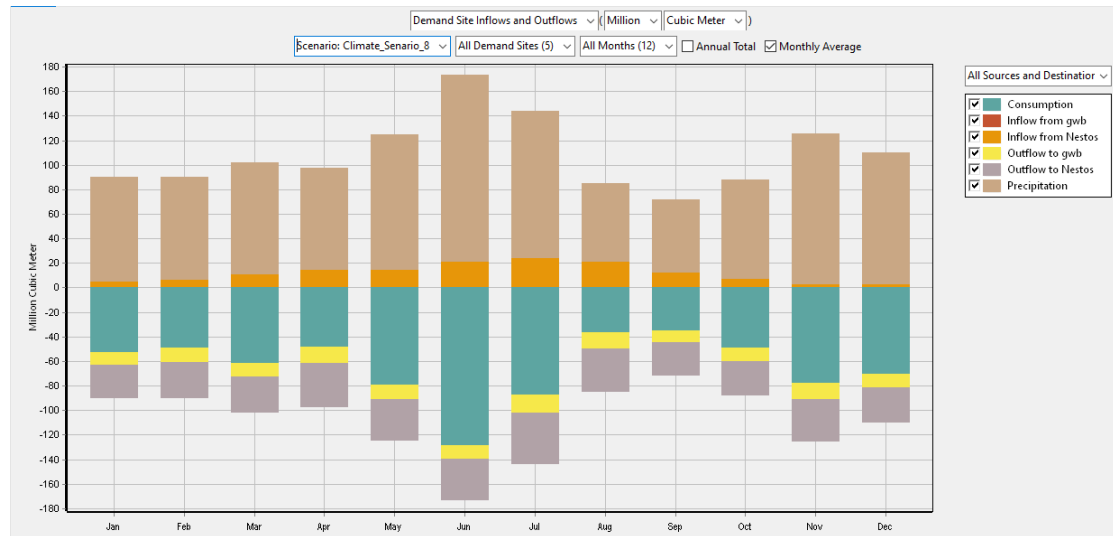


Σχήμα 22: Βροχόπτωση & κατανάλωση νερού των κόμβων ζήτησης για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5

Στο κλιματικό σενάριο RCP 2.6 το νερό που αντλείται από τις βροχοπτώσεις υπερκαλύπτει τις μηνιαίες ανάγκες των κόμβων ζήτησης, ακόμα και τους μήνες με λιγότερη βροχόπτωση. Αυτό οφείλεται μεν στα υψηλά ποσοστά βροχόπτωσης, αλλά και στις μειωμένες ανάγκες σε νερό που εμφανίζονται να έχουν οι κόμβοι ζήτησης. Αντιθέτως, το κλιματικό σενάριο RCP 8.5 περιγράφει μία διαφορετική κατάσταση, σε ό, τι αφορά στις ανάγκες νερού των κόμβων. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως αυτές, σε αρκετές περιπτώσεις, πλησιάζουν πολύ τις εισροές του συστήματος από τη βροχόπτωση, αντλώντας ακόμα μεγαλύτερο μέρος του νερού των κατακρημνισμάτων. Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι αναμενόμενο, για το συγκεκριμένο κλιματικό σενάριο, να υπάρχει μια σχετική αύξηση του νερού ζήτησης των κόμβων, όπως επίσης και μία μικρή αύξηση των ποσοστών βροχόπτωσης. Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται πως στο σενάριο αυτό οι εκροές τους συστήματος καλύπτονται σε ικανοποιητικό βαθμό από τις εισροές της βροχόπτωσης. Οι μεταβλητές της βροχόπτωσης και της κατανάλωσης αποτελούν τμήμα του συστήματος εισροών και εκροών των κόμβων (Σχήματα 23 και 24)



Σχήμα 23: Εισροές & εκροές των κόμβων ζήτησης για το κλιματικό σενάριο RCP 2.6



Σχήμα 24: Εισροές & εκροές των κόμβων ζήτησης για το κλιματικό σενάριο RCP 8.5

5.5. Πρόγραμμα αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ: «Μεταφορά και διανομή νερού από τον ποταμό Νέστο στην πεδιάδα της Ξάνθης για Αρδευτικούς σκοπούς»

Με βάση το Εθνικό Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας (Ελλάδα 2.0) του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) προωθείται ο άξονας της πράσινης μετάβασης, μέσω της αποτελεσματικής χρήσης των φυσικών πόρων και την προώθηση της κυκλικής οικονομίας, της αποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτων και των υγρών αποβλήτων, της προστασίας της βιοποικιλότητας και της προσαρμογής και αποκατάστασης του φυσικού περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτό, χρηματοδοτείται από το Ταμείο Ανάκαμψης το πρόγραμμα αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ για την ενίσχυση της γεωργικής παραγωγής. Συγκεκριμένα, για την περιοχή μελέτης προτείνεται το έργο με τίτλο «Μεταφορά και διανομή νερού από τον ποταμό Νέστο στην πεδιάδα της Ξάνθης για Αρδευτικούς Σκοπούς». με Φορέα υλοποίησης τη Διεύθυνση Τεχνικών Έργων και Αγροτικών Υποδομών του ΥΠΑΑΤ.

Το εν λόγω έργο περιλαμβάνει τη μελέτη, χρηματοδότηση, κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία έργων απόληξης νερού από τον ποταμό Νέστο και συγκεκριμένα από το φράγμα Τοξοτών, για την διάθεσή του στην πεδιάδα της Ξάνθης, στοχεύοντας στην κάλυψη των αναγκών άρδευσης της περιοχής και στην ελαχιστοποίηση απόληξης υπογείου ύδατος. Το αντικείμενο του έργου αφορά στην κατασκευή και λειτουργία έργων μεταφοράς και διανομής νερού από τον ποταμό Νέστο στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας Ξάνθης για άρδευση, ενώ παράλληλα, αποσκοπεί στην αγροτική ανάπτυξη της περιοχής με χρήση των επιφανειακών υδάτων, προκειμένου να αποκατασταθούν σταδιακά οι υπόγειοι υδροφορείς. Η εκπόνηση των έργων μεταφοράς νερού περιλαμβάνει την κατασκευή των κύριων έργων μεταφοράς νερού, των κύριων έργων διανομής νερού, καθώς και των έξυπνων αρδευτικών συστημάτων.

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, μελετώνται τα κύρια έργα διανομής νερού της περιοχής στην ανατολική πεδιάδα της Ξάνθης, η οποία περιλαμβάνει τις αγροτικές εκτάσεις Μυρωδάτου, Αβδήρων, Βελόνης, Μάνδρας και Πεζούλας. Ενδεικτικά, τα έργα που

εντάσσονται στην υλοποίηση των έργων διανομής νερού, περιλαμβάνουν έναν (1) αγωγό μεταφοράς νερού από το κεντρικό αντλιοστάσιο έως τη δεξαμενή συνολικού μήκους 20.757 m, πέντε (5) αντλιοστάσια, έξι (6) διασυνδετήριους αγωγούς, επτά (7) αναρρυθμιστικές δεξαμενές, επτά (7) κεντρικούς αγωγούς και το δίκτυο άρδευσης, συνολικού μήκους περίπου 282.490,26 m. Η συνολική αρδευόμενη έκταση που υπολογίζεται πως θα εξυπηρετείται από τη δημιουργία του έργου είναι της τάξης των 56.000 στρ., ενώ η ενδεικτική χωρητικότητα της αναρρυθμιστικής δεξαμενής αναφέρεται πως είναι της τάξης των 2.600 m³. Υπολογίζοντας επτά αναρρυθμιστικές δεξαμενές με την ίδια χωρητικότητα, εκτιμάται πως η συνολική ποσότητα νερού για την εξασφάλιση της πλήρους λειτουργίας τους θα είναι 18.200 m³. Δεδομένης της ποσότητας νερού που εισέρχεται στο υδατικό σύστημα, όπως έχει υπολογιστεί προηγουμένως, παρατίθενται, στον Πίνακα 25, οι μηνιαίες ποσότητες νερού που δύναται να τροφοδοτούν το επιφανειακό και υπόγειο σύστημα, προκειμένου να εξεταστεί ο χρόνος πλήρωσης της απαιτούμενης ποσότητας νερού των αναρρυθμιστικών δεξαμενών.

Πίνακας 25: Μέσες μηνιαίες τιμές νερού εισροής στο υδατικό σύστημα

Μέσες Μηνιαίες Εισροές Υδατικού συστήματος	
Μήνες	Ποσότητα νερού (m³)
Ιαν	40.973.729,00
Φεβ	40.023.766,00
Μαρ	39.210.317,00
Απρ	36.217.288,00
Μάιος	36.545.237,00
Ιουν	32.924.204,00
Ιουλ	26.705.587,00
Αυγ	24.425.511,00
Σεπτ	31.129.850,00
Οκτ	39.808.301,00
Νοεμ	41.636.064,00
Δεκ	40.654.613,00

Με βάση τον Πίνακα 25, συμπεραίνεται πως η πλήρωση των 7 αναρρυθμιστικών δεξαμενών συνολικής χωρητικότητας 18.200 m³ θα πραγματοποιηθεί σε διάστημα μικρότερο του ενός μήνα, εφόσον η ποσότητα του νερού γεμίματος είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τις μηνιαίες τιμές εισροών. Εκτιμάται, επιπλέον, πως ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες του Ιουλίου και του Αυγούστου – όποτε ελαχιστοποιείται η τροφοδοσία του συστήματος – και πάλι, δεν θα υπάρχει πρόβλημα σχετικά με την πλήρωση των αναρρυθμιστικών δεξαμενών.

Στη συνέχεια, εξετάστηκαν οι συνολικές απολήψεις νερού, συμπεριλαμβάνοντας στο υδατικό σύστημα την έκταση της ανατολικής πεδιάδας της Ξάνθης, ως πρόσθετη επιφάνεια γεωργικών εκτάσεων στις ήδη υπάρχουσες εκτάσεις καλλιεργειών. Η συμπερίληψη της έκτασης στο υδατικό μοντέλο του WEAP πραγματοποιήθηκε στη διαχειριστική λεκάνη των βορειοανατολικών εκτάσεων προς άρδευση. Λαμβάνοντας υπόψη πως η αρδευόμενη περιοχή στο βορειοανατολικό τμήμα ήταν 113.425 στρέμματα, τα επιπρόσθετα 56.000 στρέμματα της ανατολικής πεδιάδας Ξάνθης αποτέλεσαν έναν σημαντικό παράγοντα προς εξέταση, καθώς η ΒΑ αρδευόμενη έκταση αυξήθηκε κατά 49% περίπου. Πλέον, η συνολική βορειοανατολική

έκταση ήταν 169.425 στρ., γεγονός που όπως είναι αναμενόμενο επηρέασε σημαντικά τις απολήψεις νερού, όχι μόνο σε επίπεδο χρήσης γης (γεωργίας), αλλά και του συνόλου.

Τα αποτελέσματα από τη χρήση του λογισμικού WEAP 21, έδειξαν πως οι ολικές απολήψεις αυξήθηκαν κατά 92,51 Mm³, ήτοι περίπου 39,67%, φτάνοντας τα 325,66 Mm³, έναντι των 233,15 Mm³ του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 27). Αντίστοιχα, επηρεάστηκαν σημαντικά και τα ποσοστά νερού που αποδίδονται στην άρδευση σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις γης, ορίζοντας νέα τιμή απολήψεων για άρδευση τα 318,66 Mm³ (97,6%) έναντι των 226,12 Mm³ (97%) του σεναρίου αναφοράς (Πίνακας 26).

Πίνακας 26: Μηνιαίες απολήψεις για την κάλυψη αναγκών σε νερό για το σενάριο του ΣΔΙΤ

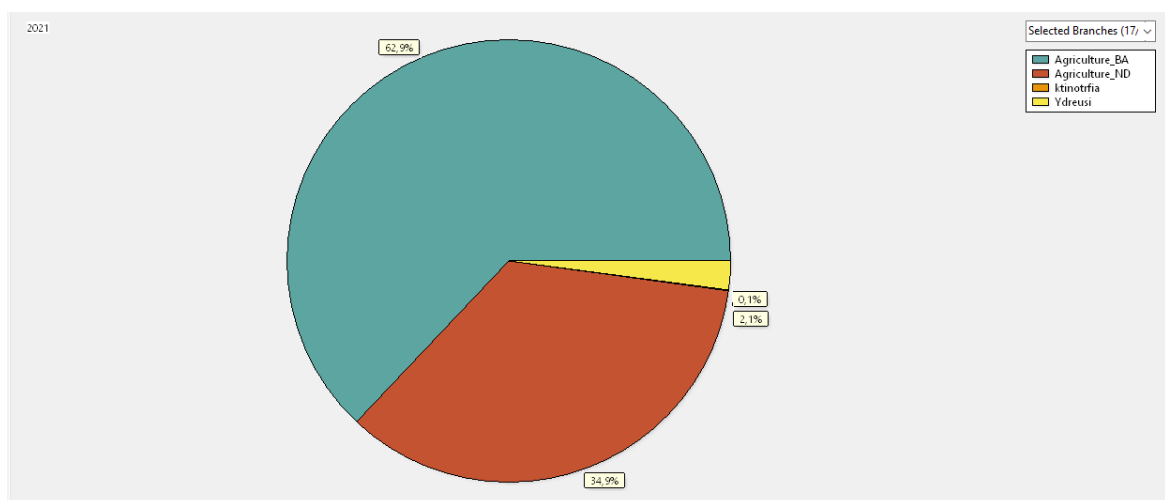
Μήνας/Χρήση	ΒΑ Καλλιέργειες	ΝΔ Καλλιέργειες	Κτηνοτροφία	Υδρευση	Σύνολο
Ιαν	6.564.505,00	3.506.369,00	24.523,50	570.705,00	10.666.102,00
Φεβ	9.164.238,00	4.658.490,00	22.150,30	515.475,00	14.360.354,00
Μαρ	17.001.132,00	8.463.882,00	24.523,50	570.705,00	26.060.242,00
Απρ	23.295.337,00	11.584.076,00	23.732,40	552.295,00	35.455.440,00
Μάιος	23.833.277,00	12.541.684,00	24.523,50	570.705,00	36.970.188,00
Ιουν	32.650.875,00	17.748.635,00	23.732,40	552.295,00	50.975.537,00
Ιουλ	33.358.369,00	19.729.599,00	24.523,50	570.705,00	53.683.196,00
Αυγ	28.639.338,00	16.727.527,00	24.523,50	570.705,00	45.962.093,00
Σεπτ	17.393.910,00	10.259.069,00	23.732,40	552.295,00	28.229.006,00
Οκτ	9.107.401,00	5.593.794,00	24.523,50	570.705,00	15.296.423,00
Νοεμ	2.788.518,00	1.982.793,00	23.732,40	552.295,00	5.347.339,00
Δεκ	1.201.020,00	862.444,00	24.523,50	570.705,00	2.658.692,00
Σύνολο	204.997.919,00	113.658.362,00	288.745,00	6.719.588,00	325.664.614,00

Αντίστοιχα, παρουσιάζονται τα διαγράμματα απόδοσης των αποτελεσμάτων ζήτησης νερού για το σύνολο των εκτάσεων αναφοράς και των πρόσθετων εκτάσεων της πεδιάδας Ξάνθης, όπως αποδόθηκαν από το λογισμικό του WEAP 21 (Σχήμα 25).



Σχήμα 25: Μηνιαίες τιμές απολήψεων ανά χρήση γης για το σενάριο του νέου αρδευτικού έργου (μπλε – BA καλλιέργειες, κόκκινο – ND καλλιέργειες, πορτοκαλί – κτηνοτροφία, κίτρινο – ύδρευση)

Στην διαγραμματική απεικόνιση των μηνιαίων απολήψεων ανά χρήση γης, είναι εμφανής η διαφορά στην απαιτούμενη ποσότητα νερού για τη διαχειριστική λεκάνη του BA τμήματος. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη τιμή αύξησης των απολήψεων παρατηρείται για τους μήνες του Ιουλίου (αύξηση κατά 15,05 Mm³ περίπου) και του Ιουνίου (αύξηση περίπου κατά 14,73 Mm³), ενώ η μικρότερη αύξηση (της τάξης των 0,54 Mm³) παρατηρείται κατά το μήνα του Δεκεμβρίου. Όπως είναι λογικό, οι κτηνοτροφικές απολήψεις δεν διακρίνονται στο διάγραμμα σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις γης, δεδομένης της χαμηλότερης τιμής που αποδίδεται σε αυτές. Καθώς σημειώνεται αύξηση των απολήψεων νερού άρδευσης για το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης, χωρίς την παράλληλη αύξηση της ζήτησης νερού για ύδρευση και κτηνοτροφία, παρατηρείται μεταβολή της ολικής ζήτησης νερού κατά 92,51 Mm³, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως.



Σχήμα 26: Ετήσιες απολήψεις νερού ανά χρήση γης για το σενάριο του νέου αρδευτικού έργου (μπλε – BA καλλιέργειες, κόκκινο – ND καλλιέργειες, πορτοκαλί – κτηνοτροφία, κίτρινο – ύδρευση)

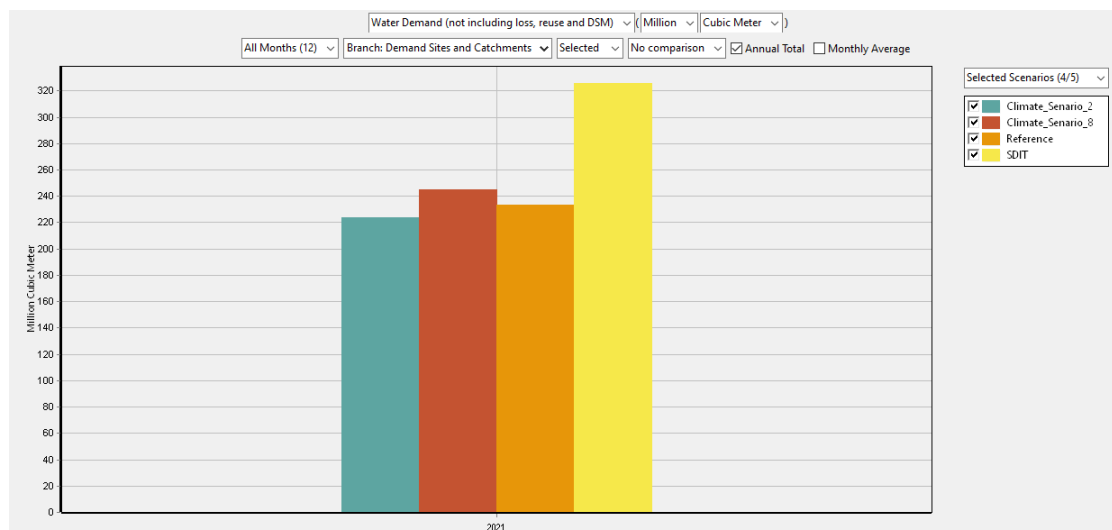
Οι ποσότητες νερού ζήτησης, ανά κατηγορία κόμβου & διαχειριστικής λεκάνης, για το σενάριο του αρδευτικού έργου με ΣΔΙΤ (Σχήμα 26). Τα ποσοστά νερού ζήτησης για τη διευρυμένη, πλέον, περιοχή μελέτης κατανομούνται ως εξής ανά χρήση γης:

- 97,8 % της ολικής ζήτησης αποδίδεται στην γεωργική δραστηριότητα και την άρδευση
- 2,1 % αποδίδεται στην ύδρευση της πόλης της Ξάνθης και του οικισμών του Δέλτα του Νέστου (συμπεριλαμβανομένων των τουριστικών ροών) &
- 0,1 % αφορά στις απολήψεις για κτηνοτροφική δραστηριότητα

Τέλος, οι διαφορές στην κατανάλωση νερού μεταξύ του Σεναρίου Αναφοράς, των Κλιματικών Σεναρίων & του Σεναρίου Νέου Αρδευτικού Έργου με ΣΔΙΤ. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 27 & το Σχήμα 27, οι τιμές κατανάλωσης νερού για το Σενάριο του Νέου Αρδευτικού Έργου είναι εμφανώς υψηλότερες από τα υπόλοιπα σενάρια, καθώς οι εκτάσεις που συμπεριλαμβάνονται στην εκτίμηση των απολήψεων αποτελούν σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων (Σχήμα 27).

Πίνακας 27: Μέσες μηνιαίες και συνολικές απολήψεις για το σύνολο των χρήσεων γης

Μήνας/Σενάριο	Αναφοράς	ΣΔΙΤ
Ιαν	7.704.423,00	10.666.102,00
Φεβ	10.229.713,00	14.360.354,00
Μαρ	18.387.349,00	26.060.242,00
Απρ	24.941.217,00	35.455.440,00
Μάιος	26.213.185,00	36.970.188,00
Ιουν	36.238.115,00	50.975.537,00
Ιουλ	38.626.454,00	53.683.196,00
Αυγ	33.035.577,00	45.962.093,00
Σεπτ	20.378.756,00	28.229.006,00
Οκτ	11.186.852,00	15.296.423,00
Νοεμ	4.090.132,00	5.347.339,00
Δεκ	2.118.153,00	2.658.692,00
Σύνολο	233.149.926,00	325.664.614,00



Σχήμα 26: Συνολικές ετήσιες απολήψεις νερού ανά σενάριο (μπλε – Κλιματικό Σενάριο RCP2.6, κόκκινο – Κλιματικό Σενάριο RCP8.5, πορτοκαλί – Σενάριο Αναφοράς, κίτρινο – Σενάριο Αρδευτικών έργων με ΣΔΙΤ)

Συγκεκριμένα, κατατάσσοντας τα σενάρια που μελετήθηκαν, με βάση την ετήσια ποσότητα νερού ζήτησης παρατηρείται ότι:

- Το Κλιματικό Σενάριο RCP2.6 (μετριοπαθές σενάριο συγκέντρωσης θερμοκηπιακών αερίων) αποδίδει τις χαμηλότερες τιμές απολήψεων, φτάνοντας συνολικά τα 224,18 Mm³
- Ακολουθεί το σενάριο αναφοράς του υδατικού μοντέλου, με συνολικές απολήψεις της τάξης των 233,15 Mm³
- Στην 3η θέση βρίσκεται το κλιματικό σενάριο RCP8.5 (δυσμενές σενάριο συγκέντρωσης θερμοκηπιακών αερίων), με τις συνολικές ετήσιες απολήψεις να φτάνουν τα 245,11 Mm³
- Ενώ η μεγαλύτερη τιμή ετήσιων απολήψεων αποδίδεται στο σενάριο των νέων αρδευτικών έργων (325,66 Mm³), που δικαιολογείται δεδομένης της αύξησης των εκτάσεων προς άρδευση κατά 56.000 στρ.

Κεφάλαιο 6ο: Σύνοψη και Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει χωρικά στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου, του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης, της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης. Το αντικείμενο μελέτης αφορά στη διαχείριση των υδατικών πόρων του ποταμού Νέστου, βάσει των αναγκών που προκύπτουν από τις ανταγωνιστικές χρήσεις γης. Ο χρονικός ορίζοντας μελέτης διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τις συνθήκες που εξετάζονται. Η πρώτη συνθήκη αποτελεί το σενάριο αναφοράς, που εξετάζει την περιοχή μελέτης στο παρόν, με βάση την υπάρχουσα κατάσταση και τα δεδομένα που διατίθενται για τα τελευταία 2-3 χρόνια. Η δεύτερη συνθήκη, αποτελεί το σενάριο 2 ή τα λεγόμενα κλιματικά σενάρια. Η περίοδος στην οποία αναφέρονται αυτά, είναι από το 2021 έως και το 2100, εξετάζοντας μελλοντικές υποθετικές συνθήκες για την περιοχή μελέτης. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν, ανά θεματική ενότητα, είναι τα εξής:

❖ Επεξεργασία δεδομένων και δημιουργία υδατικού μοντέλου

Τα κυριότερα συμπεράσματα της διαδικασίας δημιουργίας του υδατικού μοντέλου, αφορούν στα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα των παραγόντων κατανάλωσης νερού. Συγκεκριμένα, όχι μόνο κατά την επεξεργασία των δεδομένων, αλλά και κατά τη δημιουργία του υδατικού μοντέλου, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η κυρίαρχη χρήση γης σε σχέση με την κατανάλωση νερού, ήταν η αγροτική. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί, πως τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την περιοχή μελέτης έδειξαν πως δεν υπήρχε σημαντική βιομηχανική παραγωγή εντός της περιοχής μελέτης ή ήταν τόσο περιορισμένη στην υπολεκάνη απορροής που μελετήθηκε, που δεν ήταν αρκετά ανταγωνιστική για την εισαγωγή της στο μοντέλο. Έτσι, από την επεξεργασία των δεδομένων αυτών, φάνηκε πως το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι περίπου 226,12 Mm³, αγγίζοντας το 97% της ολικής κατανάλωσης νερού. Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο να συμβαίνει, δεδομένης της θέσης της περιοχής μελέτης, που, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο εξέτασης των χρήσεων γης, αποτελείται κατά 30% από καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Παράλληλα, εξετάζοντας διαφορετική χρονική κλίμακα, οι μηνιαίες τιμές ζήτησης νερού άρδευσης έδειξαν πως οι καλοκαιρινοί μήνες αποτελούν περιόδους πολύ μεγαλύτερης ζήτησης νερού, όπως είναι λογικό, λόγω της ανόδου της θερμοκρασίας με την παράλληλη μείωση των κατακρημνισμάτων. Είναι, έτσι, λογικό τις περιόδους αυτές να αυξάνεται η διαφορά στη μέση μηνιαία κατανάλωση νερού για αρδευτικούς λόγους, σε σχέση με το νερό προς ύδρευση ή για την κάλυψη των κτηνοτροφικών αναγκών.

Σε ό, τι αφορά τις υπόλοιπες χρήσεις, ενδιαφέροντα συμπεράσματα προέκυψαν για την ύδρευση των πόλεων και των οικισμών της περιοχής μελέτης. Σύμφωνα με τη μελέτη «Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας» του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, αναφέρεται πως, το σύνολο των οικισμών του Δέλτα του Νέστου και του Δήμου Ξάνθης εξασφαλίζει νερό ύδρευσης από τις πηγές των Τοξοτών – Παραδείσου (του καρστικού συστήματος των ορέων της Λεκάνης). Για το λόγο αυτό, το μοντέλο που δημιουργήθηκε απαιτούσε την εκπλήρωση των υδρευτικών αναγκών τόσο από το επιφανειακό όσο και από το υπόγειο υδατικό σύστημα. Όπως είναι λογικό, η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης προτεραιοποιείται έναντι των υπολοίπων χρήσεων γης. Τα αποτελέσματα του μοντέλου έδειξαν πως η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών από τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα είναι

δυνατή. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση νερού για την κάλυψη των αναγκών αυτών εκτιμήθηκε στα 6,72 Mm³, καταλαμβάνοντας ποσοστό 2,9% της ολικής ζήτησης νερού του υδατικού συστήματος.

Τέλος, σε σχέση με την κατανάλωση νερού για την εκπλήρωση κτηνοτροφικών αναγκών, εκτιμήθηκε πως η κάλυψή τους γίνεται με ποσότητα νερού της τάξης των 0,31 Mm³ ετησίως. Το αντίστοιχο ποσοστό έναντι των υπολοίπων χρήσεων βρέθηκε να αγγίζει το 0,1% της ολικής κατανάλωσης νερού, γεγονός που είναι λογικό, αν αναλογιστεί κανείς πόσο περιορισμένη είναι η κτηνοτροφία σε σχέση με τις υπόλοιπες χρήσεις γης.

❖ Χρήση του λογισμικού WEAP 21 για τη δημιουργία του υδατικού μοντέλου

Το λογισμικό WEAP 21 είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη δημιουργία του υδατικού μοντέλου και την εξαγωγή των ποσοτικών και ποιοτικών αποτελεσμάτων. Διαθέτει το πλεονέκτημα πως είναι ευέλικτο και προσαρμοστικό στις ανάγκες του χρήστη, σε ό,τι αφορά τη σχηματοποίηση, την εισαγωγή δεδομένων, την παρουσίαση του μοντέλου, την εξαγωγή αποτελεσμάτων, καθώς και τη συνεργασία με άλλα λογισμικά.

Ωστόσο, το λογισμικό χρησιμοποιεί μία αρκετά απλουστευτική λογική για τη δημιουργία του υδατικού μοντέλου. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμός του θεωρεί πως οι απολήψεις υδάτων σε μία λεκάνη απορροής είναι ομοιογενείς μεταξύ επιφανειακής και υπόγειας υδροφορίας, γεγονός που στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι ρεαλιστικό. Παράλληλα, ακόμα μία αδυναμία του λογισμικού, εντοπίστηκε στην απόδοση των κόμβων ζήτησης, οι οποίοι σχηματοποιούνταν με ένα ενιαίο σύμβολο, κάνοντας δύσκολη την παρουσίαση του υδατικού μοντέλου. Οι διαφοροποιήσεις, λοιπόν, μεταξύ των κόμβων ζήτησης αναγνωρίζονταν μόνο μέσω των δεδομένων που περιείχαν οι οντότητες ή από τις συνδέσεις μεταφοράς μεταξύ των κόμβων. Τέλος, θεωρήθηκε έντονα προβληματική η αδυναμία δημιουργίας μοντέλου με περισσότερες από έξι οντότητες (διαχειριστικές λεκάνες – κόμβους προσφοράς – κόμβους ζήτησης), χωρίς την πληρωμή της πλατφόρμας. Θεωρείται πως είναι ένα χρήσιμο εργαλείο, που αν αποτελούσε ένα ανοιχτό ελεύθερο λογισμικό, θα έδινε τη δυνατότητα χρήσης του περισσότερο από την επιστημονική και μελετητική κοινότητα ενώ παράλληλα θα ήταν πιο εύκολο να εξελιχθούν οι δυνατότητες χρήσης του.

❖ Κλιματικά Σενάρια RCP 2.6 & RCP 8.5

Τα δύο κλιματικά σενάρια που δημιουργήθηκαν στο WEAP αποτέλεσαν τη βάση εξαγωγής πολύ σημαντικών συμπερασμάτων για το μοντέλο. Αρχικά, αξίζει να σημειωθεί πως τα δύο κλιματικά μοντέλα έχουν δημιουργηθεί, βάσει των συνθηκών εκπομπής αερίων θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα το RCP 2.6 αποτελεί ένα μετριοπαθές σενάριο σε ό,τι αφορά τα αέρια θερμοκηπίου, με τις τιμές τους να κυμαίνονται σταθερά χαμηλά για τη διάρκεια των 100 ετών. Αντιθέτως, το RCP 8.5 ανταποκρίνεται στη δυσμενέστερη συνθήκη απόδοσης των εκπομπών του θερμοκηπίου, εξετάζοντας συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά, μέχρι το έτος 2100. Για τα σενάρια RCPs δημιουργήθηκαν ετήσιες χρονοσειρές κλιματικών δεδομένων, οι οποίες εισήχθησαν στο υδατικό μοντέλο για την προσομοίωση των νέων συνθηκών.

Τα θεωρητικά στοιχεία των Αντιπροσωπευτικών Τιμών Συγκέντρωσης Αερίων του Θερμοκηπίου (RCPs), απαντώνται και στη δημιουργία των κλιματικών σεναρίων στο υδατικό μοντέλο. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματά τους έδειξαν, πως η πραγματική διαφορά στη

ζήτηση νερού θα αφορά αποκλειστικά τις απολήψεις νερού για γεωργική χρήση. Και στα δύο κλιματικά σενάρια ο βαθμός βροχοπτώσεων φαίνεται να είναι αρκετά εντονότερος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Παράλληλα, ενδιαφέροντα συμπεράσματα εντοπίζονται στην κατανάλωση νερού από τους κόμβους ζήτησης για τα δύο αυτά σενάρια. Το μετριοπαθές σενάριο RCP 2.6 αποδίδει μικρότερα ποσοστά νερού κατανάλωσης ετησίως, της τάξεως των 224,182 Mm³, έναντι των 233,149 Mm³ του σεναρίου αναφοράς. Αντιθέτως, το δυσμενές σενάριο φαίνεται πως περιγράφει μία αρκετά πιο απαιτητική κατανάλωση νερού για τους κόμβους ζήτησης, ορίζοντας την ολική ετήσια κατανάλωση στα 245,106 Mm³. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν μία λογική εξέλιξη της κατανάλωσης νερού σε σχέση με τα κλιματικά δεδομένα και καθιστούν ιδιαίτερα σημαντική την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη διαχείριση υδατικών πόρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία:

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes D. and Smith, M., “*Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*” . Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 1998.
2. Burman, R.D., Cuenca, R.H., Weiss, A., “*Techniques for Estimating Irrigation Water Requirements*”, U.S.A., 1983.
3. Dimova, G., Tzanov, E., Ninov, P., Ribarova, I., Kossida, M., “*Complementary Use of the WEAP Model to Underpin the Development of SEEAW Physical Water Use and Supply Tables*”, University of Architecture, Civil Engineering and Geodezy, Sofia, Bulgaria, Bulgarian Academy Sciences- National Institute of Meteorology and Hydrology, Sofia, Bulgaria, National Technical University of Athens, Department of Water Resources and Environmental Engineering, Athens, Greece, 2014.
4. Dlamini, N., Senzanje, A., Mabhaudhi, T., “*Assessing climate change impacts on surface water availability using the WEAP model: A case study of the Buffalo river catchment, South Africa*” , Bioresources Engineering Programme, University of KwaZulu-Natal, b Centre of Transformative Agricultural and Food Systems, University of KwaZulu-Natal, International Water Management Institute (IWMI-SA), South Africa, 2023.
5. Kanakoudis, V. and Tsitsifli, St., “*Water Pricing Policies in Greece: Is There a Common Understanding?*”, 2nd International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, International Water Association, Alexandroupolis, Thrace-Greece, 3-5 July 2009, Volume I, p.p.: 323-332.
6. Kotsovinos, N., Gratziou, M., Tsalkatidou, M., “*Applying the virtual water Concept at Regional Level: The Prefecture of Xanthi (Greece) Example*”, 2nd International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, International Water Association, Alexandroupolis, Thrace-Greece, 3-5 July 2009, Volume II, p.p.: 457-466
7. Zhaoyi Zhang , Yanhu He, Xiaohong Chen , Qian Tan, “*Improvement of WEAP model considering regional and industrial water distribution priority and its application*”, Guangdong Provincial Key Laboratory of Water Quality Improvement and Ecological Restoration for Watersheds, School of Ecology, Environment and Resources, Guangdong University of Technology, Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Key Laboratory of Water Security Guarantee in Guangdong-Hong Kong-Marco Greater Bay Area of Ministry of Water Resources, Center for Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China, 2023.
8. Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh and Alka Upadhyay “*Planning and Evaluation of Irrigation Projects - Methods and Implementation*”, 2017

Ελληνική Βιβλιογραφία:

1. Αλεξιάδης Ε., Διπλωματική εργασία, «Διερεύνηση αναπτυξιακών προοπτικών στην περιοχή του δέλτα του Νέστου», ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Μάρτιος 2009
2. Βλαχογιάννη Μ., «Κλιματική αλλαγή και προβλέψεις με παγκόσμια κλιματικά μοντέλα», Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», Ινστιτούτο Πυρηνικών & Ραδιολογικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Ενέργειας & Ασφάλειας (Ι.Π.Ρ.Ε.Τ.Ε.Α.), Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 2019
3. Δανιλάκης Β., Διπλωματική εργασία, «Η πολιτική της ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα: Προβλήματα, προκλήσεις, προοπτικές», ΕΚΠΑ, Ιανουάριος 2011
4. Καλογεράκη, Χ., Διπλωματική Εργασία: «Εκτίμηση αναγκών σε νερό και Υδατικό Ισοζύγιο για τη Β.Α. Ρόδο (Λεκάνες Λουτάνης, Πελεμόνης και Ποτού)», Ε.Μ.Π., Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, 2008.
5. Λιβανίου, Ι., Διπλωματική Εργασία: «Διαχείριση Νερού για Γεωργική Χρήση: Ανάγκες, Επικρατούσες Πρακτικές και Μέτρα Βελτιστοποίησης», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, 2010.
6. Μαλατέστα, Λ., Διπλωματική Εργασία: «Ανάπτυξη σεναρίων βελτιστοποίησης της διαχείρισης και της υδροηλεκτρικής παραγωγής του υδροσυστήματος του ποταμού Νέστου», Ε.Μ.Π., Τμήμα: Πολιτικών Μηχανικών, 2013.
7. Μουρατίδου Δ., Διπλωματική εργασία, «Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε αστική λεκάνη με τη χρήση του λογισμικού SWMM», ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Μάρτιος 2020
8. Παλαβράκης Σ., «Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα στην Ελλάδα – Δυνατότητες και Προοπτικές», Α.Π.Θ., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2023.
9. Παπαζαφειρίου, Ζ., «Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1998.
10. Παυλίδης Β., Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης «Αξιολόγηση κλιματικών προσομοιώσεων κλιματικών μοντέλων για την περιοχή της Ευρώπης για την περίοδο 1990-2008», Α.Π.Θ., Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, 2015.
11. Ρομπόκα Μ., Διπλωματική εργασία, «Εκτίμηση απολήψιμου δυναμικού για τη χρήση ύδρευσης της Αθήνας με την εφαρμογή του λογισμικού «Υδρονομέας»», ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2009
12. Σκουληκάρης, Χ., Διδακτορική Διατριβή: «Μαθηματική προσομοίωση για τη βιώσιμη διαχείριση έργων υδατικών πόρων σε κλίμακα λεκάνης απορροής: η περίπτωση του ποταμού Νέστου», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ., 2008
13. Στεφανάκος Ι.Π., «Μεγάλα και μικρά ΥΗΕ – Ο ρόλος τους στο ενεργειακό σύστημα της χώρας», Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.
14. Τσακίρης, Γ., «Υδατικοί πόροι: Ι, Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, 1995.

15. Τσαρούχη Δ., «Διαχείριση Υδατικών Πόρων: Εθνική και Ευρωπαϊκή Νομολογία 1990 – 2012», Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Κράτος και Δημόσια Πολιτική», Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Ν.Ο.Π.Ε., Τμήμα Π.Ε.Δ.Α., 2013.
16. Τσουκαλάς, Ι., Μεταπτυχιακή Εργασία: «Βελτιστοποίηση υδροσυστήματος με την χρήση εξελκτικών αλγορίθμων: Η περίπτωση του Νέστου», Διεπιστημονικό-Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.) "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, 2012.
17. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διοικητικός Τομέας Κοινοτικών Πόρων & Υποδομών, Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιολόγησης Εφοδιαστικών Πόρων, «Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας», 2013.
18. Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων «1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (EL12)», 2017.
19. Υπουργική Απόφαση 1420/82031 (ΦΕΚ 1709/Β/17-8-2015), «Νέος Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Προστασία των Νερών από τη Νιτρορύπανση Γεωργικής Προέλευσης», 2015.
20. Φωτοπούλου Α.Α., «Το νερό ως οικονομικό και κοινωνικό αγαθό» , Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών, 2009.
21. Ψωμάς, Α., Μεταπτυχιακή Εργασία: «Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού υπό καθεστώς κλιματικής και κοινωνικοοικονομικής αλλαγής με χρήση του λογισμικού WEAP21», Ε.Μ.Π, Διεπιστημονικό – Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, 2012.

Διαδικτυακές Πηγές:

1. “HadGEM2 family: Met Office climate prediction model”
<https://www.metoffice.gov.uk/research/approach/modelling-systems/unified-model/climate-models/hadgem2> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
2. “GFDL – Climate Modeling” <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
3. “SafeCrete” – Κλιματικά Μοντέλα: <https://www.safecrete.gr/climate-models/#1617101420349-581cbaf5-067e> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
4. “ΠΕΣΠΚΑ Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας – Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβολές στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας”
https://www.pde.gov.gr/gr/images/stories/pepka/2_klimatikes_metavoles_pde.pdf ,
τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
5. «Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α.-Προστατευόμενες περιοχές στην Ελλάδα», <https://necca.gov.gr/aksones-drasis/prostatevomenes-perioches/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
6. «Οι σύγχρονες κοινωνίες και η διατήρηση των υδάτινων πόρων», <http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=106> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
7. «Φιλοτής-Βάση δεδομένων για την ελληνική φύση»,
https://filotis.itia.ntua.gr/biotopes/?category=&geo_code=1%2C1%2C0 , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
8. «Φυσικά χαρακτηριστικά περιοχής»,
https://www.topeiros.gr/toperos/stena/pages/02fys_xarakthristika.htm , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
9. «Η ζωτική σημασία του νερού», <https://tedxuniversityofmacedonia.com/%CE%B7-%CE%B6%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D/> ,
τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
10. Γνώμη Πρωτοβουλίας της Ο.Κ.Ε.,2023, «Βιώσιμη διαχείριση υδατικών πόρων σε συνθήκες κλιματικής κρίσης»
https://www.oke.gr/sites/default/files/333_oke-gnomi_protov_viosimi_diaheirisi_ydatikon_poron_se_synthikes_klimatikis_krisis_teliko.pdf , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
11. Laboratory of Engineering Geology & Hydrogeology, «Χρήσεις νερού, υδατικές ανάγκες»,
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/GEO362/%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A3%CE%99%CE%91%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%202022-2023/%CE%94%CE%A5%CE%A04%20%CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%9D%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D%20-%20Copy.pdf> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
12. Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Π., «Το νερό και η σημασία του» <https://www.deyamp.gr/oikologia-periballon-nero/to-nero-kai-i-simasia-tou/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
13. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, <http://www.emy.gr/emyl/el/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024

14. Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, <https://eemf.gr/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
15. Μονάδα Ποιότητας Ποτάμιων Συστημάτων, «Χρήσεις του νερού», <http://river.bio.auth.gr/language/el/3-%CF%87%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
16. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διοικητικός Τομέας Κοινοτικών Πόρων & Υποδομών, Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγχειοβελτιωτικών Έργων και Αξιολόγησης Εφοδιαστικών Πόρων, «Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας – Θράκης και Θεσσαλίας», https://ardeftika.decentral.minagric.gr/files/results/geol/5.RESULTS_NESTOU.pdf , , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
17. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), <https://www.opekepe.gr/> , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
18. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (EL12)», <http://wfdver.ypeka.gr/el/consultation-gr/1revision-consultation-gr/> , , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024
19. «Μεταφορά και Διανομή Νερού από τον ποταμό Νέστο στην πεδιάδα της Ξάνθης για Αρδευτικούς Σκοπούς», <https://greece20.gov.gr/?projects=metafora-kai-dianomi-neroy-apo-ton-potamo-nesto-stin-pediada-tis-xanthis-gia-ardeytikoys-skopouys> , , τελευταία πρόσβαση: 07/07/2024

Παράρτημα Πινάκων

Πίνακας 3: Ποτάμια Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207)

α/α	Όνομα ΥΣ	Κωδικός ΥΣ	Κατηγορία	Μήκος (km)	Άμεση Λεκάνη Απορροής (km ²)	Αθροιστική Λεκάνη Απορροής (km ²)	Μέση Ετήσια Απορροή (hm ³)	Τύπος ΥΣ
1	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002000002H	ΙΤΥΣ	15,05	15,44	2265	1509,71	R-M1
2	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002000004H	ΙΤΥΣ	6,41	13,87	2100,1	1399,84	R-M1
3	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002000005N	ΦΥΣ	20,08	101,17	2086,2	1390,59	R-M4
4	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002000006N	ΦΥΣ	32,97	29,78	1984,9	1323,03	R-M2
5	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002010001H	ΙΤΥΣ	9,42	18,26	2430	1619,73	R-M1
6	ΞΗΡΟΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002020003N	ΦΥΣ	17,82	149,4	249	99,58	R-M4
7	ΜΑΥΡΟΜΥΤΗΣ Ρ.	EL1207R0002040007N	ΦΥΣ	7,25	39,57	39,6	26,38	R-M1
8	ΚΑΤΩ ΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002060008N	ΦΥΣ	9,31	62,15	62,2	41,43	R-M1
9	ΧΡΥΣΟΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002080009N	ΦΥΣ	5,59	11,33	11,3	7,55	R-M1
10	ΑΝΩΝΥΜΟ Ρ.	EL1207R0002100010N	ΦΥΣ	5,3	43,33	35,7	28,88	R-M1
11	ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ Ρ.	EL1207R0002120011N	ΦΥΣ	8,78	30,17	48,6	32,37	R-M1
12	ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ Ρ.	EL1207R0002120012N	ΦΥΣ	1,71	18,04	18	12,02	R-M1
13	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140013N	ΦΥΣ	8,02	39,49	280,1	109,8	R-M1
14	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140014N	ΦΥΣ	22,77	61,33	240,6	94,32	R-M1
15	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140020N	ΦΥΣ	16,85	67,75	67,8	26,56	R-M1
16	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140117N	ΦΥΣ	2,67	46,77	17,7	79	R-M4
17	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140118N	ΦΥΣ	2,15	9,8	9,8	3,84	R-M1
18	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140215N	ΦΥΣ	6,43	30,71	55,5	21,77	R-M1
19	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140216N	ΦΥΣ	2,75	24,83	24,8	9,73	R-M1
20	ΑΡΚΟΥΔΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002140319N	ΦΥΣ	5,48	28,47	28,5	11,16	R-M1

21	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0002150021H	ΙΤΥΣ	6,99	13,23	1202,4	801,46	R-M1
22	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160022N	ΦΥΣ	15,35	37,94	201,3	134,2	R-M1
23	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160027N	ΦΥΣ	6,96	24,8	24,8	16,53	R-M1
24	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160123N	ΦΥΣ	4,6	14,11	14,1	9,41	R-M1
25	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160224N	ΦΥΣ	6,21	22,42	109,1	72,7	R-M1
26	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160225N	ΦΥΣ	11,86	86,6	86,6	57,72	R-M1
27	ΔΙΑΒΟΛΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002160326N	ΦΥΣ	2,27	15,47	15,5	10,31	R-M1
28	ΜΕΓΑΛΟ Ρ.	EL1207R0002180028N	ΦΥΣ	15,68	42,3	107,9	84,97	R-M1
29	ΜΕΓΑΛΟ Ρ.	EL1207R0002180031N	ΦΥΣ	5,75	15,65	35,2	23,47	R-M1
30	ΜΕΓΑΛΟ Ρ.	EL1207R0002180032N	ΦΥΣ	4,39	19,56	19,6	13,04	R-M1
31	ΜΕΓΑΛΟ Ρ.	EL1207R0002180129N	ΦΥΣ	1,4	18,29	18,3	12,18	R-M1
32	ΜΕΓΑΛΟ Ρ.	EL1207R0002180230N	ΦΥΣ	6,93	31,69	31,7	21,12	R-M1
33	ΠΕΤΡΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002200033N	ΦΥΣ	4,07	14,81	36,2	24,12	R-M1
34	ΠΕΤΡΟΡΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002200034N	ΦΥΣ	7,01	21,38	21,4	14,25	R-M1
35	ΜΥΛΟΥ Ρ.	EL1207R0002220035N	ΦΥΣ	5,32	31,75	31,8	21,16	R-M1
36	ΛΟΥΤΡΟΥ Ρ.	EL1207R0002240036N	ΦΥΣ	13,57	80,32	202,1	65,4	R-M1
37	ΛΟΥΤΡΟΥ Ρ.	EL1207R0002240037N	ΦΥΣ	17,45	66,28	121,8	39,41	R-M1
38	ΛΟΥΤΡΟΥ Ρ.	EL1207R0002240038N	ΦΥΣ	7,19	55,49	55,5	17,96	R-M1
39	ΨΥΧΡΟΡΕΜΑ Ρ.	EL1207R0002260039N	ΦΥΣ	3,34	24,41	24,4	16,27	R-M1
40	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280142N	ΦΥΣ	3,92	9,6	20,6	13,7	R-M1
41	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280143N	ΦΥΣ	1,39	10,95	11	7,3	R-M1
42	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280244N	ΦΥΣ	1,74	3,23	26	17,35	R-M1
43	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280245N	ΦΥΣ	3,93	22,8	22,8	15,2	R-M1
44	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280347N	ΦΥΣ	1,88	1,47	24,7	16,63	R-M4
45	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0002280348N	ΦΥΣ	3,21	23,48	23,5	15,65	R-M1
46	ΜΥΛΟΡΕΥΜΑ Ρ.	EL1207R0002300049N	ΦΥΣ	7,99	93,64	93,6	62,42	R-M4

47	ΛΑΣΠΙΑΣ Ρ.	EL1207R0005010050H	ΙΤΥΣ	4,49	14,6	221,8	65,24	R-M1
48	ΛΑΣΠΙΑΣ Ρ.	EL1207R0005010051H	ΙΤΥΣ	10,7	207,2	207,2	60,95	R-M2
49	ΝΕΣΤΟΣ Π.	EL1207R0B02000040N	ΦΥΣ	17,86	61,66	211,8	141,16	R-M1
50	ΔΕΣΠΑΤΗΣ Π.	EL1207R0B02280041N	ΦΥΣ	19,66	46,6	118,1	78,74	R-M1

Πίνακας 4: Λιμναία Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207)

α/α	Όνομα ΥΣ	Κωδικός ΥΣ	Κατηγορία	Έκταση (km ²)	Περίμετρος (km)	Τύπος ΥΣ
1	ΤΛ ΠΛΑΤΑΝΟΒΡΥΣΗΣ	EL1207RL002150002H	ΙΤΥΣ	3,17	42	L-M5/7
2	ΤΛ ΘΗΣΑΥΡΟΥ	EL1207RLB02000001H	ΙΤΥΣ	15,27	123,6	L-M5/7

Πίνακας 5: Μεταβατικά Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207)

α/α	Όνομα ΥΣ	Κωδικός ΥΣ	Κατηγορία	Έκταση (km ²)	Περίμετρος (km)	Τύπος ΥΣ
1	ΛΘ ΕΥΡ. ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΕΡΑΜΩΤΗΣ	EL1207T0001N	ΦΥΣ	7,89	54,8	TW1
2	ΛΘ ΚΕΡΑΜΩΤΗΣ	EL1207T0002N	ΦΥΣ	1,22	16,8	TW1
3	ΕΚΒΟΛΕΣ ΝΕΣΤΟΥ	EL1207T0003N	ΦΥΣ	33,24	41,6	TW2

Πίνακας 6: Παράκτια Υδατικά Συστήματα Λεκάνης Απορροής Νέστου (EL1207)

α/α	Όνομα ΥΣ	Κωδικός ΥΣ	Κατηγορία	Έκταση (km ²)	Περίμετρος (km)	Τύπος ΥΣ
1	ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ	EL1207C0001N	ΦΥΣ	69,55	39	IIIΕ
2	ΒΟΡΕΙΕΣ ΑΚΤΕΣ ΔΙΑΥΛΟΥ ΘΑΣΟΥ	EL1207C0002N	ΦΥΣ	49,22	54,6	IIIΕ
3	ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΒΔΗΡΩΝ	EL1207C0003N	ΦΥΣ	38,3	48,5	IIIΕ

Παράρτημα Χαρτών

ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΥΠΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΔΡΑΜΑ

ΞΑΝΘΗ

ΚΑΒΑΛΑ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Περιοχή μελέτης
- Νομοί

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο:
Google Satellite

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης απεικόνισης Νομών στην
ευρύτερη περιοχή της υπολεκάνης
απορροής του ποταμού Νέστου

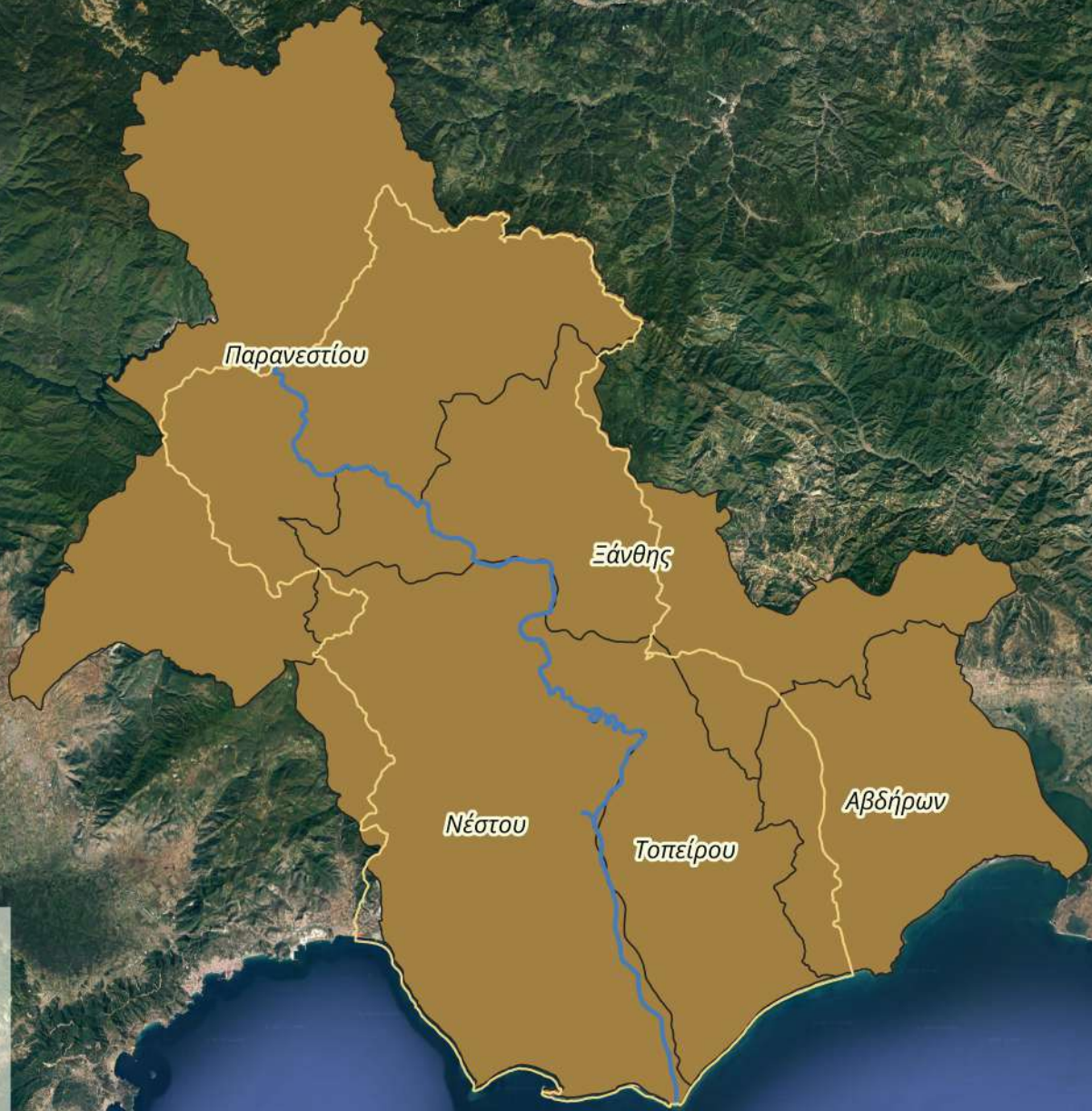
Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:500.000

0 10 20 30 km



ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΥΠΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



Παρανεοστίου

Ξάνθης

Νέστου

Τοπείρου

Αβδήρων

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Περιοχή μελέτης
- Δήμοι Καλλικράτη

Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
Google Satellite

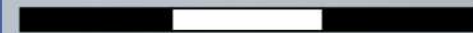
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης απεικόνισης
Καλλικρατικών Δήμων στην
ευρύτερη περιοχή της υπολεκάνης
απορροής του ποταμού Νέστου

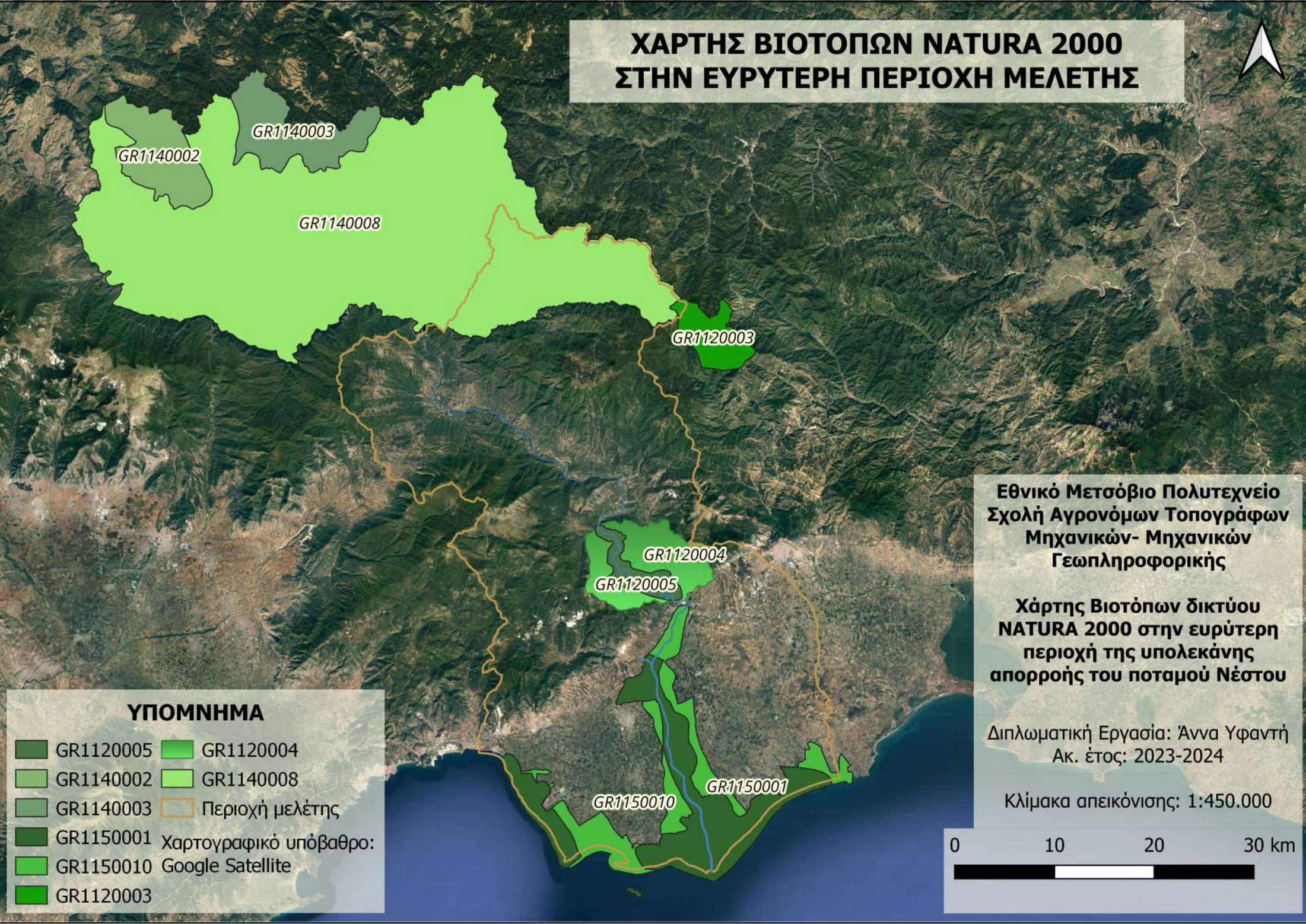
Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:500.000

0 10 20 30 km



ΧΑΡΤΗΣ ΒΙΟΤΟΠΩΝ NATURA 2000 ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- GR1120005
- GR1120004
- GR1140002
- GR1140008
- GR1140003
- Περιοχή μελέτης
- GR1150001 Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
- GR1150010 Google Satellite
- GR1120003

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

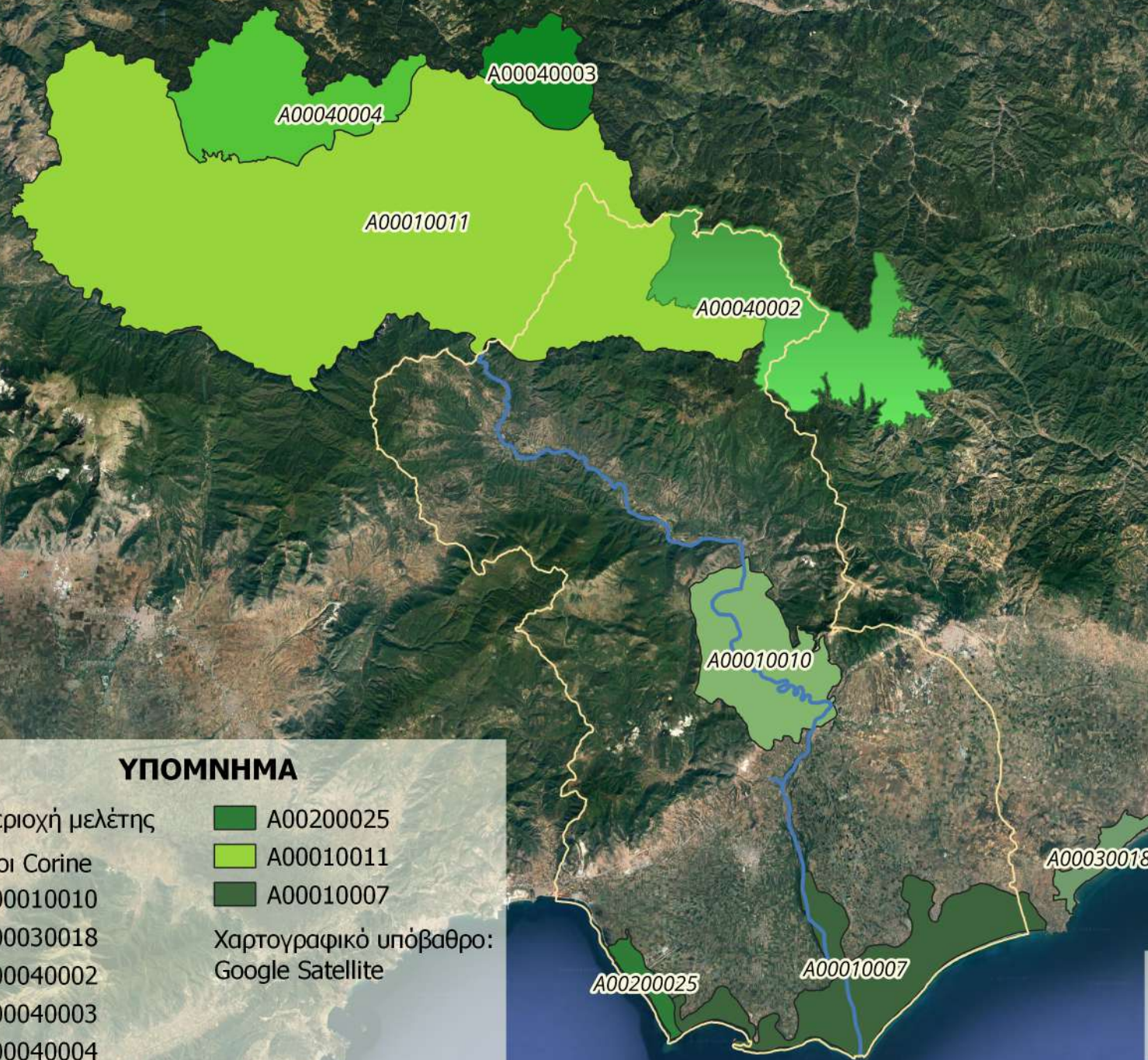
Χάρτης Βιοτόπων δικτύου
NATURA 2000 στην ευρύτερη
περιοχή της υπολεκάνης
απορροής του ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:450.000



ΧΑΡΤΗΣ ΒΙΟΤΟΠΩΝ CORINE ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

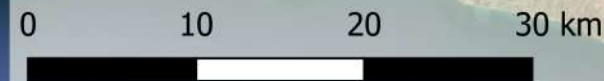
- | | |
|-----------------|--|
| Περιοχή μελέτης | A00200025 |
| Βιότοποι Corine | A00010011 |
| A00010010 | A00010007 |
| A00030018 | Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
Google Satellite |
| A00040002 | |
| A00040003 | |
| A00040004 | |

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης προστατευόμενων
περιοχών προγράμματος Corine
στην ευρύτερη περιοχή της
υπολεκάνης απορροής του
ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:450.000



ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΠΙΩΝ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΑΛΛΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ




AT4011064

AT5011501


AT5011016


AT5011065


ΥΠΟΜΝΗΜΑ


 Περιοχή μελέτης

Τοπία Ιδιαίτερου
Φυσικού Κάλλους

 AT5011016

 AT5011065

 AT5011501

 AT4011064

Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
Google Satellite

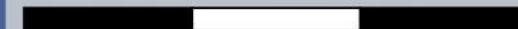
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης Τοπίων Ιδιαίτερου
Φυσικού Κάλλους στην ευρύτερη
περιοχή της υπολεκάνης
απορροής του ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:450.000

0 10 20 30 km



ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑΦΥΓΙΩΝ ΑΓΡΙΑΣ ΖΩΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Καταφύγια Άγριας Ζωής
- Περιοχή Μελέτης

Χαρτογραφικό Υπόβαθρο:
Google Satellite

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης Καταφυγιών Άγριας Ζωής
στην ευρύτερη περιοχή της
υπολεκάνης απορροής του
ποταμού Νέστου

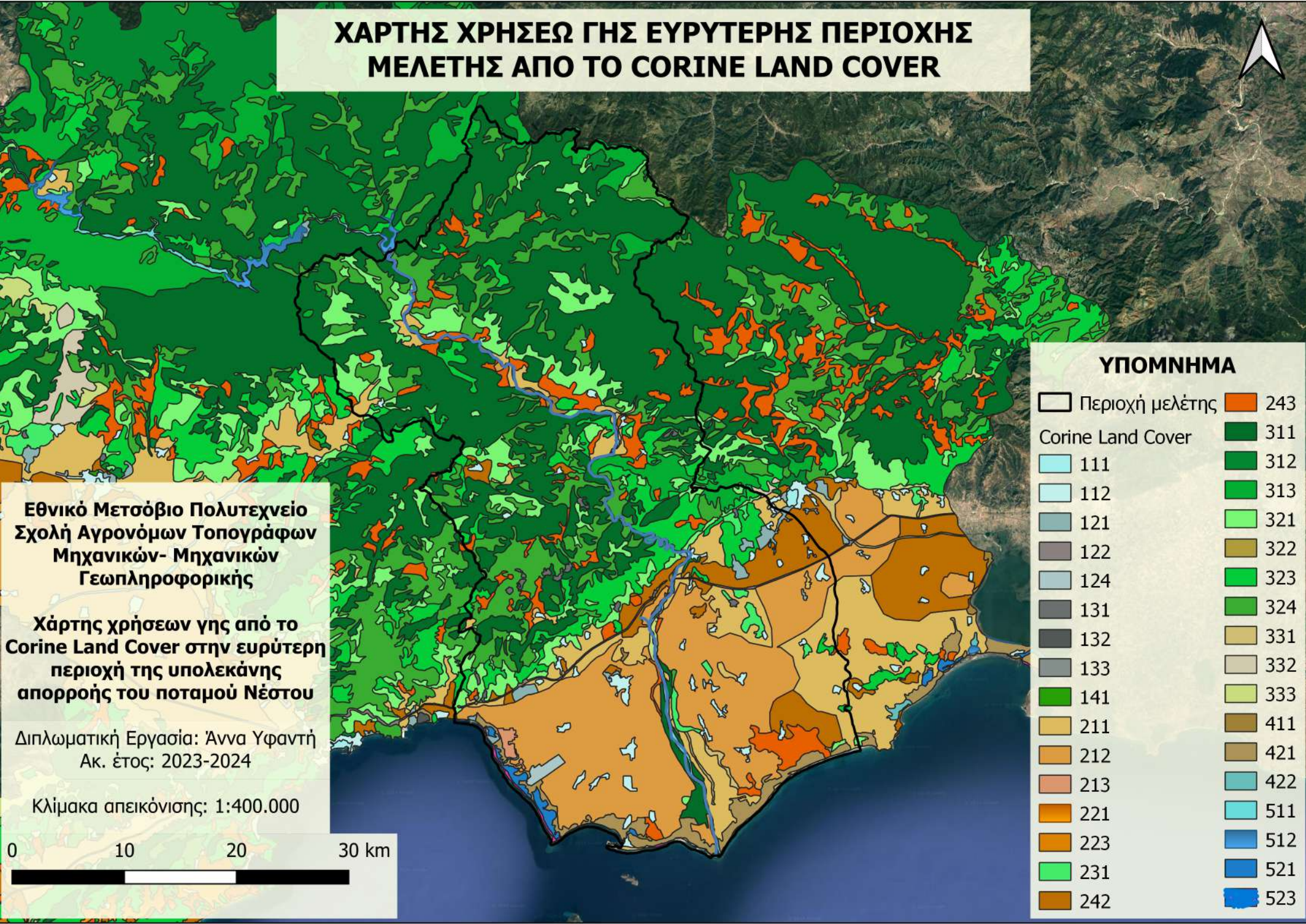
Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:500.000

0 10 20 30 km



ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩ ΓΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΠΟ ΤΟ CORINE LAND COVER



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης χρήσεων γης από το
Corine Land Cover στην ευρύτερη
περιοχή της υπολεκάνης
απορροής του ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:400.000

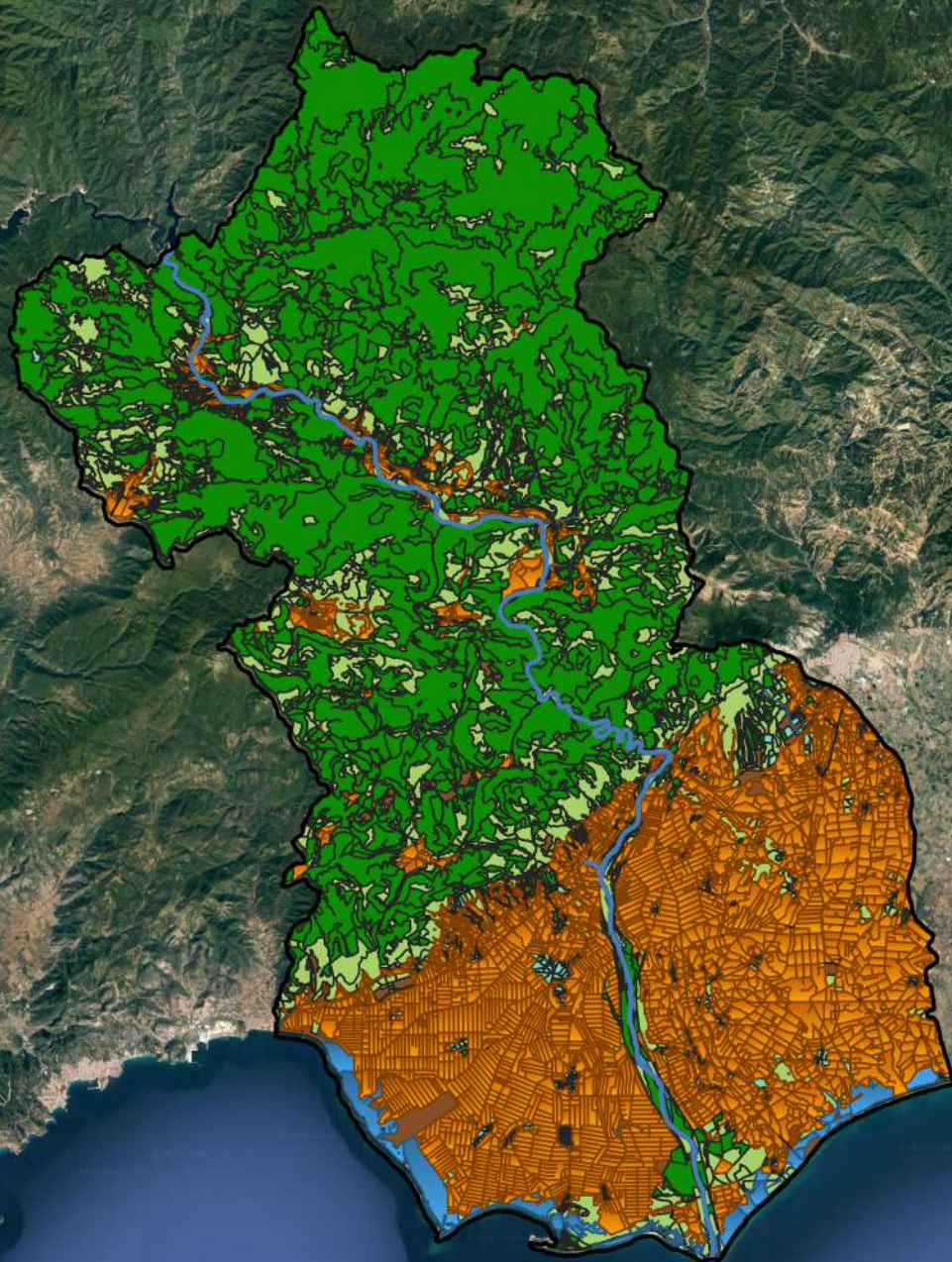


ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
Περιοχή μελέτης	243
111	311
112	312
121	313
122	321
124	322
131	323
132	324
133	331
141	332
211	333
212	411
213	421
221	422
223	511
231	512
242	521
	523

ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΝΕΣΤΟΥ



- ΥΠΟΜΝΗΜΑ**
- Ποταμός Νέστος
 - Υπολεκάνη Νέστου
 - Χρήσεις γης
 - Αμπελώνες
 - Αρώσιμες εκτάσεις
 - Μόνιμες καλλιέργειες
 - Βοσκότοπος
 - Δάσος
 - Περιοχές δόμησης
 - Ύδατα
 - Άλλες χρήσεις
- Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
Google Satellite



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης χρήσεων γης εντός της
υπολεκάνης απορροής του
ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024





Κλίμακα απεικόνισης: 1:400.000



ΧΑΡΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  Αγροτεμάχια Β/Α Νέστου
-  Αγροτεμάχια Ν/Δ Νέστου
-  Υπολεκάνη Νέστου
-  Ποταμός Νέστος

Χαρτογραφικό υπόβαθρο:
Google Satellite

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων
Μηχανικών- Μηχανικών
Γεωπληροφορικής

Χάρτης διαχειριστικών τμημάτων
αγροτεμαχίων εντός της
υπολεκάνης απορροής του
ποταμού Νέστου

Διπλωματική Εργασία: Άννα Υφαντή
Ακ. έτος: 2023-2024

Κλίμακα απεικόνισης: 1:400.000

0 10 20 30 km



ΥΔΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΤΑΜΟΥ ΝΕΣΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ WEAP

Περιοχή μελέτης: Κατάντι τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Νέστου



Τροφοδοσία
Ε.Υ.Σ. & Υ.Υ.Σ.

Κόμβος υπογείων
υδάτων

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Σημειακές οντότητες

- Κόμβος προσφοράς νερού υπογείων υδάτων
- Διαχειριστικές λεκάνες: Τροφοδοσία Ε.Υ.Σ. & Αρδευτικές εκτάσεις
- Κόμβοι ζήτησης νερού για ύδρευση & κτηνοτροφία

Γραμμικές οντότητες

- Ποταμός Νέστος
- -> Μεταφορά νερού τροφοδοσίας (απορροή/διήθηση)
- Σύνδεσμος μεταφοράς νερού
- Σύνδεσμος επιστροφής νερού στην επιφανειακή απορροή

Κόμβος ύδρευσης

Κόμβος κτηνοτροφίας

Διαχειριστική λεκάνη
Β/Α καλλιεργειών

Διαχειριστική λεκάνη
ΝΔ καλλιεργειών

