



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου στον Χωρικό Σχεδιασμό
Τοπικού Επιπέδου»

“Assessment of Flood Risk in Local-Level Spatial Planning”

Επιμέλεια: Λογοθέτης Χρήστος

Επιβλέπων: Ασπρογέρακας Ευάγγελος

Βόλος, 2025

ΔΗΛΩΣΗ

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώση των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: Ιούλιος 2025

Ονοματεπώνυμο: Λογοθέτης Χρήστος

Υπογραφή:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την εκτίμηση πλημμυρικού κινδύνου στο πλαίσιο του χωρικού σχεδιασμού τοπικού επιπέδου, με απώτερο στόχο τη διαμόρφωση στρατηγικών ανθεκτικότητας απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στο θεωρητικό μέρος παρουσιάζονται βασικές έννοιες όπως η κλιματική αλλαγή, ο κίνδυνος, η τρωτότητα και η διακινδύνευση, καθώς και οι κύριες κατηγορίες και αιτίες πλημμυρικών φαινομένων. Ακολουθεί ανασκόπηση του ευρωπαϊκού και εθνικού θεσμικού πλαισίου, με έμφαση στις Οδηγίες 2000/60/EK και 2007/60/EK, τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) και τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ). Στο εφαρμοσμένο μέρος, εξετάζεται η αξιοποίηση σύγχρονων μεθόδων, όπως τα μοντέλα προσομοίωσης (BlueSpot) και οι λύσεις που βασίζονται στη φύση (Nature-Based Solutions - NBS), τόσο στον αστικό όσο και στον εξωαστικό χώρο. Ως περιοχή μελέτης επιλέγεται ο Δήμος Αχαρνών, όπου εντοπίζονται κρίσιμες ζώνες πλημμυρικού κινδύνου. Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, προτείνονται πιλοτικές παρεμβάσεις ενσωμάτωσης NBS στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Η εργασία καταδεικνύει τη σημασία της σύνδεσης του περιβαλλοντικού σχεδιασμού με τα εργαλεία χωρικής πολιτικής, συμβάλλοντας στη μετάβαση των πόλεων προς ένα πρότυπο βιώσιμης και ανθεκτικής ανάπτυξης.

Λέξεις-κλειδιά: Πλημμυρικός κίνδυνος, Χωρικός σχεδιασμός, Κλιματική αλλαγή, Nature-Based Solutions, Δήμος Αχαρνών, BlueSpot

ABSTRACT

This thesis explores the integration of flood risk assessment into local-level spatial planning, aiming to develop resilience strategies against the impacts of climate change. The theoretical framework presents fundamental concepts such as climate change, hazard, vulnerability, and risk, along with a classification of flood types and their causes. It further examines the European and national institutional frameworks, focusing on Directives 2000/60/EC and 2007/60/EC, the River Basin Management Plans (RBMPs), and the Flood Risk Management Plans (FRMPs). In the applied part, the study evaluates the use of contemporary tools, such as simulation models (BlueSpot) and nature-based solutions (NBS), in both urban and peri-urban environments. The Municipality of Acharnes is selected as a case study, where high-risk flood zones are identified. Based on the model's findings, targeted NBS interventions are proposed within the existing urban planning framework. The research highlights the necessity of linking environmental planning with spatial policy instruments, contributing to the transition of cities towards a model of sustainable and resilient development.

Keywords: Flood risk, Spatial planning, Climate change, Nature-Based Solutions, Municipality of Acharnes, BlueSpot model

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ευάγγελο Ασπρογέρακα, για την καθοδήγηση, τη συνεχή υποστήριξη και τις πολύτιμες παρατηρήσεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να απευθύνω στον κ. Παναγιώτη Μανέτο για την ουσιαστική βοήθεια, τις χρήσιμες συμβουλές και τη σημαντική συμβολή του στην ολοκλήρωση της εργασίας μου. Ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου και τους φίλους μου για την αμέριστη στήριξη και υπομονή που έδειξαν σε όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου. Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στην Ιωάννα για την ανεκτίμητη βοήθεια και τη σταθερή στήριξή της σε κάθε βήμα αυτής της προσπάθειας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ.....	3
1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	3
<i>1.1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3 ΚΛΙΜΑΚΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ</i>	<i>6</i>
1.2 ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ.....	7
<i>1.2.1 ΤΙ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΩΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑ</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.5 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ.....</i>	<i>12</i>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ	14
2.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	14
2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ	15
2.2.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ.....	15
2.2.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ.....	16
2.2.3 ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ (ΣΔΛΑΠ).....	23
2.2.4 ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ (ΣΔΚΠ).....	24
2.2.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΔΚΠ – ΣΔΛΑΠ.....	28
2.2.6 ΤΟΠΙΚΑ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ.....	29
2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	31
2.3.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΓΑΛΛΙΑΣ.....	31
2.3.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΟΛΜΑΝΔΙΑΣ.....	32
2.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΑΝΙΑΣ.....	32
2.3.4 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΠΟΛΙΤΕΙΩΝ.....	33
2.4 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ	35
3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ	35
3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ	36

3.1.2 BLUE SPOT MODEL	37
3.2 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΦΥΣΗ (NATURE BASED SOLUTIONS)	46
3.2.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΞΩΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ	47
3.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ	54
3.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ NBS ΣΤΟΝ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ	60
3.3.1 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΤΑΓΙΓΔΩΝ ΤΗΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ.....	60
3.3.2 WATERSQUARE BENTHEMPLEIN, ΟΛΜΑΝΔΙΑ	62
3.4 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	65
4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	65
4.1.1 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	68
4.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΧΑΡΝΩΝ	70
4.2.1 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	71
4.2.2 ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΝΙΣΟΤΗΤΕΣ.....	73
4.2.3 ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	74
4.2.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.....	74
4.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	75
4.3.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	75
4.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ.....	77

<i>4.3.3 ΥΕΤΟΣ</i>	79
4.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΟΡΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	80
4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BLUESPOT ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΧΑΡΝΩΝ	84
4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	95
4.7 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΧΑΡΝΩΝ ..	98
4.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ NATURE-BASED SOLUTIONS ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΧΑΡΝΩΝ	99
<i>4.8.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</i>	100
<i>4.8.2 ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ</i>	101
<i>4.8.3 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ NBS ΣΤΟΝ ΤΟΠΙΚΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ</i>	103
4.9 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΚΙΝΔΥΝΟ ..	105
4.10 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	108
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	112

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βασικά χαρακτηριστικά του χωρικού επιπέδου μακροκλίμακας, μεσοκλίμακας και μικροκλίμακας	7
Πίνακας 2: Θεσμικό πλαίσιο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή	14
Πίνακας 3: Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας	26
Πίνακας 4: Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος.....	66
Πίνακας 5: Υψόμετρο Εδάφους.....	68
Πίνακας 6: Κλίσεις εδάφους.....	68
Πίνακας 7: Πίνακας Πληθυσμιακών Στοιχείων Δήμου Αχαρνών (Απογραφή 2021).....	73
Πίνακας 8: Πίνακας θερμοκρασιών, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010)	77
Πίνακας 9: Μέση Μηνιαία Υγρασία, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)	78
Πίνακας 10: Μηνιαία Κατανομή Βροχοπτώσεων και Ημερών Βροχής, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)	80
Πίνακας 11: Πίνακας χαρακτηριστικών του layer bluespots	89
Πίνακας 12: Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Streams'	91
Πίνακας 13: Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Pour Points'	94
Πίνακας 14: Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Nodes'	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)	76
Διάγραμμα 2: Διακυμάνσεις της υγρασίας, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)	78
Διάγραμμα 3: Μηνιαία Κατανομή Βροχοπτώσεων και Ημερών Βροχής, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)	79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: ΠΔ Προστασίας Πάρνηθας	82
Χάρτης 2: ΠΔ Προστασίας Κηφισού	84
Χάρτης 3: Bluespots	87
Χάρτης 4: BSDepths	88
Χάρτης 5: Κατάντης Ροής.....	90
Χάρτης 6: Δημιουργία Κόμβων	92
Χάρτης 7: Θιγόμενες χρήσεις γης από τα Bluespots	96
Χάρτης 8: Περιοχές Άμεσης Παρέμβασης.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η προσέγγιση των πέντε σταδίων για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων που θα προβλέπει η οδηγία για τις πλημμύρες	19
Εικόνα 2: Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας	28
Εικόνα 3: Απεικόνιση Bluespot.....	41
Εικόνα 4: Κατεύθυνση Ροής	42
Εικόνα 5: Ροές και Κόμβοι	45
Εικόνα 6: Πέτρινο φράγμα πλημμύρας	50
Εικόνα 7: Αντιπλημμυρική Τάφρος.....	51
Εικόνα 8: Τεχνητά αποστραγγιστικά κανάλια.....	52
Εικόνα 9: Φράγμα συγκράτησης φερτών	54
Εικόνα 10: Υδατορεύματα στην περιοχή Θρακομακεδόνων - Βαρυμπόμπης.....	69
Εικόνα 11: Υδατορεύματα στην περιοχή Άνω Λιοσίων – Αχαρνές	70
Εικόνα 12: Λειτουργία DISSOLVE.....	86
Εικόνα 13: Λειτουργία Add Buildings to DTM	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
ΓΠΣ	Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΣΠΚΑ	Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή
ΤΠΣ	Τοπικό Πολεοδομικό Σχέδιο
ΖΔΥΚΠ	Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας
ΣΔΚΠ	Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας
ΣΔΛΑΠ	Σχέδια Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμών
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
DEM	Digital Elevation Model (Ψηφιακό Μοντέλο Ανάγλυφου)
DSM	Digital Surface Model (Ψηφιακό Μοντέλο Επιφάνειας)
DTM	Digital Terrain Model (Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους)
GIS	Geographic Information System (Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών)

Ακρωνύμιο	Επεξήγηση
LiDAR	Light Detection and Ranging (Ανίχνευση και Μέτρηση με Χρήση Φωτός)
NBS	Nature Based Solutions
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων και, ειδικότερα, πλημμυρών, έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια σε κρίσιμο ζήτημα για τον χωρικό σχεδιασμό και την αστική ανθεκτικότητα. Η ένταση και η συχνότητα των πλημμυρικών φαινομένων εντείνονται εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, της εντεινόμενης αστικοποίησης και της υποβάθμισης των φυσικών οικοσυστημάτων, δημιουργώντας αυξημένες πιέσεις στον δομημένο χώρο, στις υποδομές και στις τοπικές κοινωνίες. Ιδιαίτερα σε περιοχές με ανεπαρκή αντιπλημμυρικό σχεδιασμό, οι συνέπειες είναι πολλαπλές και συχνά καταστροφικές, τόσο σε κοινωνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο.

Η ανάγκη ενσωμάτωσης της εκτίμησης του πλημμυρικού κινδύνου στον πολεοδομικό και χωρικό σχεδιασμό σε τοπικό επίπεδο καθίσταται επιτακτική. Η σύνδεση των πολιτικών πρόληψης και διαχείρισης κινδύνων με τα εργαλεία του σχεδιασμού του χώρου συνιστά βασική προϋπόθεση για τη διαμόρφωση βιώσιμων και ανθεκτικών αστικών συστημάτων. Παράλληλα, η αξιοποίηση καινοτόμων μεθόδων και εργαλείων, όπως τα μοντέλα προσομοίωσης πλημμυρικών φαινομένων και οι λύσεις που βασίζονται στη φύση (Nature-Based Solutions – NBS), προσφέρει τη δυνατότητα χωρικά στοχευμένων παρεμβάσεων με πολλαπλά περιβαλλοντικά, κοινωνικά και λειτουργικά οφέλη.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου στον χωρικό σχεδιασμό τοπικού επιπέδου, με περιοχή μελέτης τον Δήμο Αχαρνών. Ο Δήμος αποτελεί μια από τις πλέον επιβαρυνμένες περιοχές της Αττικής, χαρακτηριζόμενη από σύνθετα μορφολογικά, υδρογραφικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, που την καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτη στα πλημμυρικά φαινόμενα. Η εργασία επιδιώκει να αποτυπώσει τις συνθήκες διακινδύνευσης, να αξιοποιήσει το εργαλείο προσομοίωσης BlueSpot για την αναγνώριση κρίσιμων ζωνών, και να προτείνει παρεμβάσεις βασισμένες σε NBS που δύνανται να ενσωματωθούν στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Οι βασικοί στόχοι της εργασίας είναι οι εξής:

- ο Η διερεύνηση του εννοιολογικού και θεσμικού πλαισίου της διαχείρισης πλημμυρικών κινδύνων, με αναφορά στην ευρωπαϊκή και εθνική εμπειρία.
- ο Η αξιολόγηση και χαρτογράφηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στον Δήμο Αχαρνών μέσω χρήσης γεωχωρικών δεδομένων και του μοντέλου BlueSpot.
- ο Η διατύπωση προτάσεων εφαρμογής Nature-Based Solutions, προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες, για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και την ολοκληρωμένη διαχείριση των πλημμυρικών κινδύνων.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι έννοιες της κλιματικής αλλαγής, της πλημμύρας, του κινδύνου, της διακινδύνευσης και της τρωτότητας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται το θεσμικό πλαίσιο σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, καθώς και καλές διεθνείς πρακτικές ενσωμάτωσης της διαχείρισης πλημμυρικών κινδύνων στον χωρικό σχεδιασμό.

Στο τρίτο κεφάλαιο, εξετάζονται τα εργαλεία προσομοίωσης πλημμύρας (όπως το BlueSpot) και οι Nature-Based Solutions, με παραδείγματα εφαρμογών σε πόλεις του εξωτερικού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται η εφαρμογή της ανάλυσης στον Δήμο Αχαρνών, με παρουσίαση των χαρακτηριστικών της περιοχής, αποτίμηση της τρωτότητας, και διατύπωση προτάσεων εφαρμογής NBS στο πλαίσιο του χωρικού σχεδιασμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής καθίστανται ολοένα και πιο εμφανείς στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων, επηρεάζοντας ποικίλες πτυχές του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Η ανάγκη για έγκαιρη και αποτελεσματική πρόληψη από πλευράς των κρατικών φορέων καθίσταται κρίσιμη, προκειμένου να μετριαστούν οι συνέπειες που σχετίζονται με το φαινόμενο αυτό. Στο πλαίσιο της προσπάθειας κατανόησης της έννοιας της κλιματικής αλλαγής, έχουν διατυπωθεί πληθώρα ορισμών από την επιστημονική κοινότητα και διεθνείς οργανισμούς, οι οποίοι αποσκοπούν στην αποσαφήνιση του περιεχομένου και των διαστάσεων της.

Ο παρακάτω ορισμός αποδόθηκε το 1992 από την Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) και ορίζει την κλιματική αλλαγή ως *«Μια μεταβολή του κλίματος που αποδίδεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία μεταβάλλει τη σύνθεση της παγκόσμιας ατμόσφαιρας και η οποία προστίθεται στη φυσική κλιματική μεταβλητότητα που παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους»* (UNFCCC, 1992).

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να ενισχύσει τις βροχοπτώσεις σε πολλές περιοχές, γεγονός που θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στις πλημμύρες. Οι παρατεταμένες περίοδοι έντονων βροχοπτώσεων αναμένεται να προκαλέσουν υπερχειλίση ποταμών, ενώ οι ξαφνικές και ισχυρές βροχοπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε πλημμύρες κατάκλισης, όπου το νερό συσσωρεύεται ταχύτατα χωρίς να προέρχεται από υπερχειλίση κάποιου υδάτινου συστήματος.

Στην Ευρώπη, οι ποτάμιες πλημμύρες είναι μια από τις πιο συχνές φυσικές καταστροφές. Μαζί με τις καταιγίδες, έχουν προκαλέσει απώλειες ανθρώπινων ζωών,

έχουν επηρεάσει εκατομμύρια κατοίκους και έχουν επιφέρει τεράστιες οικονομικές ζημιές τα τελευταία 30 χρόνια. Με την εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής, η συχνότητα των πλημμυρών αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω σε όλη την Ευρώπη. Η αύξηση της θερμοκρασίας ενδέχεται να ενισχύσει τη συχνότητα και την ένταση των καταιγίδων, οδηγώντας σε περισσότερες αιφνίδιες πλημμύρες. Οι έντονες νεροποντές θα καταστούν συχνότερες, με σοβαρές επιπτώσεις σε αστικές και αγροτικές περιοχές.

Σε ορισμένες περιοχές, οι πλημμύρες που παρατηρούνται νωρίς την άνοιξη μπορεί να μειωθούν προσωρινά λόγω της μείωσης των χιονοπτώσεων τον χειμώνα. Ωστόσο, ο αυξημένος κίνδυνος ξαφνικών πλημμυρών στις ορεινές περιοχές, όπου η υπερβολική απορροή υπερφορτώνει τα ποτάμια, ενδέχεται να αντισταθμίσει αυτή τη μείωση σε βάθος χρόνου. (European Commission, 2025)

1.1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Κίνδυνος (Hazard)

Ο κίνδυνος (hazard) ορίζεται ως μια απειλή ή κατάσταση που έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει απώλεια ανθρώπινης ζωής ή δυσλειτουργία σε ένα φυσικό ή ανθρωπογενές σύστημα. Η προέλευσή του μπορεί να είναι είτε εξωγενής, όπως ένας σεισμός ή μια πλημμύρα, είτε ενδογενής, όπως ένα ελαττωματικό στοιχείο συστήματος, π.χ. ένα ρήγμα σε ανάχωμα, το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην εκδήλωση ενός μηχανισμού αστοχίας. Ο κίνδυνος ταξινομείται σε φυσικό (natural hazard), όταν απορρέει από φυσικά φαινόμενα, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, και σε ανθρωπογενή (man-made hazard), όταν προκύπτει από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η αποδάσωση ή μια τρομοκρατική ενέργεια [Pistrika and Tsakiris 2007].

Διακινδύνευση (Risk)

Στην εφαρμοσμένη έρευνα των φυσικών κινδύνων, η έννοια της διακινδύνευσης συγκλίνει σε έναν ορισμό που συνδυάζει τόσο τον φυσικό κίνδυνο όσο και την τρωτότητα του εκτεθειμένου συστήματος [ISDR 2004]. Δηλαδή, η διακινδύνευση προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ της πιθανότητας εμφάνισης ενός φυσικού

φαινομένου και της ευαισθησίας ή ευαλωτότητας του συστήματος που επηρεάζεται από αυτό. Στην παρούσα εργασία η διακινδύνευση ορίζεται ως μια συνάρτηση που συνδέει την πιθανότητα εμφάνισης ενός συνόλου ανεπιθύμητων γεγονότων με τις ζημιές που προκύπτουν από έναν συγκεκριμένο φυσικό κίνδυνο. Αυτός ο ορισμός αντικατοπτρίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ της συχνότητας εμφάνισης του κινδύνου και των επιπτώσεών του στο εκτεθειμένο σύστημα.

Πλημμυρική διακινδύνευση (Flood Risk)

Η πλημμυρική διακινδύνευση μπορεί να οριστεί ως το μέτρο των αναμενόμενων κοινωνικών και οικονομικών ζημιών σε ένα συγκεκριμένο χωροχρονικό πλαίσιο, λόγω της πιθανότητας εκδήλωσης μιας πλημμύρας συγκεκριμένης έντασης. Οι μονάδες μέτρησης της πλημμυρικής διακινδύνευσης μπορεί να εκφράζονται σε νομισματικούς όρους ή σε αριθμό απωλειών ανθρώπινης ζωής, όταν οι ζημιές είναι ποσοτικά μετρήσιμες. Σε περιπτώσεις όπου η ποσοτική εκτίμηση δεν είναι εφικτή, η διακινδύνευση μπορεί να εκφράζεται με ποιοτικούς όρους, όπως ταξινομήσεις σε διαφορετικές κλάσεις. Τα στοιχεία υπό απειλή περιλαμβάνουν ανθρώπους, κατοικίες, ιδιωτικά και δημόσια κτήρια, έργα υποδομής, οικονομικές δραστηριότητες, πολιτιστική κληρονομιά, καθώς και οικολογικά είδη και τοπία που είτε βρίσκονται εντός μιας οριοθετημένης περιοχής είτε συνδέονται λειτουργικά με αυτήν. Στην παρούσα διατριβή, το στοιχείο υπό απειλή ορίζεται ως το δομημένο περιβάλλον που βρίσκεται εντός των ορίων της εκάστοτε χωρικά οριοθετημένης περιοχής που διατρέχει κίνδυνο πλημμύρας.

Τρωτότητα (Vulnerability)

Ένας από τους πλέον αποδεκτούς ορισμούς της τρωτότητας προτάθηκε από τον οργανισμό «Διεθνής Στρατηγική για τη Μείωση των Καταστροφών» [ISDR 2004]. Σύμφωνα με αυτόν, η τρωτότητα ορίζεται ως «ένα σύνολο συνθηκών και διαδικασιών που απορρέουν από φυσικούς, κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες και οι οποίοι αυξάνουν την ευαλότητα (susceptibility) μιας κοινότητας απέναντι στους φυσικούς κινδύνους».

1.1.3 ΚΛΙΜΑΚΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η κλίμακα της χωρικής ανάλυσης αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την εφαρμογή της μεθοδολογίας εκτίμησης των πλημμυρικών ζημιών σε αστικό περιβάλλον. Η διαδικασία ανάλυσης των ζημιών πραγματοποιείται συνήθως σε επίπεδο συνόλων κτηρίων (aggregation levels), τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χρήση, τον τύπο των κτηρίων και άλλα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής. Σύμφωνα με τους Gewalt et al. (1996), όπως αναφέρεται στους Messner και Meyer (2006), οι τρεις βασικές κλίμακες ανάλυσης των ζημιών σε δομημένο περιβάλλον είναι η μακροκλίμακα, η μεσοκλίμακα και η μικροκλίμακα, οι οποίες καθορίζουν το επίπεδο χωρικής ανάλυσης ως εξής:

- Η ανάλυση σε μακροκλίμακα (macro-scale analysis) αναφέρεται στην εκτίμηση της ζημιάς σε ευρεία γεωγραφική κλίμακα, όπως αυτή των δήμων ή και μεγαλύτερων περιοχών, με την παραδοχή της ομοιόμορφης κατανομής της ζημιάς στην υπό εξέταση περιοχή. Σε αυτό το επίπεδο ανάλυσης, ο βαθμός λεπτομέρειας είναι περιορισμένος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές ανακρίβειες όταν επιχειρείται η αναγωγή των αποτελεσμάτων σε μεμονωμένα κτήρια. Παρόλα αυτά, η μακροκλίμακα παρέχει μια χρήσιμη προσέγγιση για μια αρχική, συνοπτική εκτίμηση των πλημμυρικών ζημιών και είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για έρευνες που καλύπτουν εκτεταμένες γεωγραφικές περιοχές, όπως αυτές που αφορούν την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- Η ανάλυση σε μεσοκλίμακα (meso-scale analysis) εστιάζει σε σύνολα κτηρίων που ταξινομούνται με βάση τη χρήση τους, όπως κατοικίες, επαγγελματικές στέγες, αποθήκες και βιομηχανικά κτήρια. Σε αυτό το επίπεδο ανάλυσης, μια συχνά χρησιμοποιούμενη προσέγγιση είναι η ανάπτυξη καμπυλών βάθους νερού - ζημιάς, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε υπολογιστικά περιβάλλοντα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Ο στόχος αυτής της μεθοδολογίας είναι η οικονομική εκτίμηση των ζημιών που προκαλούνται από πλημμύρες, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικά επίπεδα βάθους νερού στην υπό μελέτη περιοχή.
- Η ανάλυση σε μικροκλίμακα (micro-scale analysis) αφορά την εκτίμηση της πλημμυρικής ζημιάς σε επίπεδο μεμονωμένου κτηρίου. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί

λεπτομερή γνώση της αξίας κάθε κτηρίου ή περαιτέρω εξειδίκευση σε υποκατηγορίες των γενικών κατηγοριών χρήσεων, προκειμένου να βελτιωθεί η ακρίβεια της εκτίμησης.

Πίνακας 1: Βασικά χαρακτηριστικά του χωρικού επιπέδου μακροκλίμακας, μεσοκλίμακας και μικροκλίμακας

Κλίμακα	Επίπεδο σχεδιασμού	Επίπεδο διαχείρισης	Απαίτηση Ακρίβειας	Απαιτούμενη ποσότητα στοιχείων εισόδου
Μακροκλίμακα	Εθνικό	Πολιτικές μετριασμού πλημμυρικών επιπτώσεων	Χαμηλή	Χαμηλή
Μεσοκλίμακα	Περιφερειακό	Μεγάλης κλίμακας στρατηγικός σχεδιασμός μετριασμού πλημμυρικών επιπτώσεων	Μέτρια	Μέτρια
Μικροκλίμακα	Τοπικό	Μεμονωμένα μέτρα αντιπλημμυρικής προστασίας	Υψηλή	Υψηλή

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

1.2 ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

1.2.1 ΤΙ ΟΡΙΖΕΤΑΙ ΩΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/ΕΚ που θεσπίστηκε για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, πλημμύρα ορίζεται «Η προσωρινή κάλυψη από νερό εδάφους το οποίο υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό», και Πλημμυρικός κίνδυνος ορίζεται «ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με αυτήν την πλημμύρα».

Οι πλημμύρες ποταμών αποτελούν μία από τις σοβαρότερες φυσικές καταστροφές, εκδηλώνονται σε διάφορες κλίμακες τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Μπορεί να αφορούν μεγάλους διεθνείς ποταμούς που μεταφέρουν τεράστιες ποσότητες νερού για

εβδομάδες ή μήνες, αλλά και μικρότερες, ξαφνικές και καταστροφικές πλημμύρες σε αστικές περιοχές, οι οποίες διαρκούν λίγες ώρες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, εκτιμάται ότι οι πλημμύρες αντιπροσωπεύουν το 43% όλων των φυσικών καταστροφών και το 47% των καιρικών καταστροφών, επηρεάζοντας 2,3 δισεκατομμύρια ανθρώπους μεταξύ 1995 και 2015, με συνολικές οικονομικές απώλειες περίπου 662 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Σήμερα, περίπου 800 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε περιοχές που κινδυνεύουν από πλημμύρες, ενώ κάθε χρόνο εκτιμάται ότι 70 εκατομμύρια άνθρωποι εκτίθενται σε αυτόν τον κίνδυνο (UNISDR, 2015).

Τα τελευταία χρόνια, οι καταστροφικές πλημμύρες φαίνεται να έχουν αλλάξει μορφή, με τις έντονες βροχοπτώσεις, τις ξαφνικές και αστικές πλημμύρες, καθώς και τις σοβαρές ποτάμιες και παράκτιες πλημμύρες να εμφανίζονται συχνότερα και με μεγαλύτερη ένταση. Η σύνδεση των πλημμυρών με την κλιματική αλλαγή είναι πολύπλοκη και δεν είναι ίδια σε όλες τις περιοχές. Η αστικοποίηση και η κάλυψη του εδάφους με αδιαπέραστα υλικά έχουν αυξήσει την απορροή των υδάτων, επιδεινώνοντας το πρόβλημα. Σε ορισμένες χώρες, οι επαναλαμβανόμενες πλημμύρες στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχουν προκαλέσει σημαντικές απώλειες στη γεωργική παραγωγή, ελλείψεις τροφίμων και υποσιτισμό. Παρόλα αυτά, πολλές από τις αρνητικές επιπτώσεις των πλημμυρών μπορούν να προληφθούν ή να μειωθούν με κατάλληλα μέτρα, όπως τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και τα αντιπλημμυρικά έργα, τα οποία είναι διαθέσιμα και προσιτά σε πολλές περιοχές. Επίσης, η ενημέρωση και η εκπαίδευση του κοινού μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην προστασία από τους κινδύνους των πλημμυρών.

1.2.2 ΑΙΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εκδήλωση μιας πλημμύρας διακρίνονται σε στατικούς και δυναμικούς. Οι στατικοί παράγοντες σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, όπως η μορφολογία του εδάφους και η υδρολογική του συμπεριφορά. Αντίθετα, οι δυναμικοί παράγοντες περιλαμβάνουν μεταβλητές που διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια του φαινομένου, όπως η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων.

Παράλληλα, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιδείνωση των πλημμυρικών φαινομένων, αυξάνοντας την τρωτότητα του εκτεθειμένου χώρου. Οι αλλαγές στις χρήσεις γης και οι παρεμβάσεις στον φυσικό σχεδιασμό του χώρου, όπως η μείωση των διαθέσιμων επιφανειών απορρόφησης των υδάτων, εντείνουν τη σοβαρότητα των πλημμυρών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ανθρωπογενών επιδράσεων αποτελούν η υποβάθμιση του εδάφους, οι πυρκαγιές και η αποψίλωση των δασών, η μειωμένη λειτουργικότητα των αποχετευτικών συστημάτων, καθώς και η εντατική αστικοποίηση, που περιορίζει τις φυσικές ζώνες κατακράτησης του νερού.

Στις αστικές περιοχές, οι συνέπειες των ανθρωπογενών παρεμβάσεων διαμορφώνουν μια κλίμακα επιπτώσεων που επηρεάζει άμεσα τη διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων. Η συρρίκνωση του υδρογραφικού δικτύου, λόγω της καταστροφής ή αλλοίωσης των υδατορεμάτων μέσω κάλυψης, μπαζώματος ή παράνομης δόμησης, μειώνει τη φυσική ικανότητα απορροής των υδάτων. Αυτές οι παρεμβάσεις οδηγούν σε αυξημένο κίνδυνο πλημμυρών, επιφέροντας σοβαρές επιπτώσεις στα τεχνητά έργα του αστικού ιστού, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στη μείωση των πράσινων χώρων, που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην απορρόφηση των υδάτων και στη ρύθμιση του μικροκλίματος (Σαπουντζάκη και Δανδουλάκη, 2016).

1.2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι πλημμύρες μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κατηγορίες, ανάλογα με τις αιτίες που τις προκαλούν:

- **Πλημμύρες λόγω παρατεταμένης βροχόπτωσης:** Αυτές συμβαίνουν όταν η βροχόπτωση διαρκεί για αρκετές ημέρες. Παρότι η ένταση της βροχής μπορεί να είναι χαμηλή, η συνεχής εισροή νερού υπερβαίνει τη χωρητικότητα της λεκάνης απορροής, οδηγώντας σε πλημμυρικά φαινόμενα. Συνήθως, τέτοιου είδους πλημμύρες εμφανίζονται μετά από βροχοπτώσεις που ξεπερνούν τη μία ημέρα.
- **Πλημμύρες από σύντομης διάρκειας βροχόπτωση:** Πρόκειται για φαινόμενα που προκύπτουν από έντονες βροχές διάρκειας λίγων ωρών και περιορισμένης γεωγραφικής έκτασης.

- **Πλημμύρες άμεσης απόκρισης (flash floods):** Αυτές οι πλημμύρες προκαλούνται από ισχυρές βροχοπτώσεις σε μικρές περιοχές μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η ταχεία συγκέντρωση νερού συμβαίνει λόγω της μειωμένης ικανότητας απορρόφησης του εδάφους, ιδιαίτερα σε άνυδρες περιοχές. Τέτοια φαινόμενα είναι πιο συνηθισμένα τους καλοκαιρινούς μήνες.
- **Πλημμύρες λόγω συνδυασμού βροχής και χιονιού:** Σε αυτήν την περίπτωση, η βροχόπτωση επιταχύνει τη διαδικασία τήξης του χιονιού, αυξάνοντας την ποσότητα του νερού που πρέπει να απορροφηθεί, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε πλημμύρα.
- **Πλημμύρες από τήξη χιονιού:** Αυτές εμφανίζονται όταν μεγάλες ποσότητες συσσωρευμένου χιονιού λιώνουν εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας πάνω από το σημείο πήξης. Είναι πιο συνηθισμένες στις αρχές του χειμώνα ή την άνοιξη, ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής. (Hundeicha et al., 2017, Merz και Blöschl, 2003, Nied et al., 2014).

Επιπλέον, αν εξετάσουμε την προέλευση των πλημμυρικών υδάτων, μπορούμε να διακρίνουμε τις πλημμύρες στις ακόλουθες κατηγορίες (Kundzewicz et al., 2014):

- **Ποτάμιες πλημμύρες:** Αυτές προκύπτουν όταν έντονες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις, διάρκειας ημερών ή και εβδομάδων, επηρεάζουν εκτεταμένες περιοχές. Η εμφάνισή τους οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως οι καιρικές συνθήκες, η γεωμορφολογία και η χρήση γης. Τους χειμερινούς μήνες και την άνοιξη, οι ποτάμιες πλημμύρες μπορεί να προκληθούν από εκτεταμένες βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με την τήξη χιονιού ή/και πάγου (Barredo, 2007).
- **Αστικές πλημμύρες:** Αυτές συμβαίνουν όταν μεγάλες ποσότητες νερού συγκεντρώνονται σε αστικές περιοχές, ξεπερνώντας τη χωρητικότητα των αποχετευτικών συστημάτων. Το νερό δεν μπορεί να απορροφηθεί από το έδαφος ή να απομακρυνθεί επαρκώς, οδηγώντας σε πλημμυρικά φαινόμενα (National Academies of Sciences, 2019).
- **Πλημμύρες στα αποχετευτικά δίκτυα:** Οι πλημμύρες που επηρεάζουν τα αποχετευτικά δίκτυα δεν προκύπτουν μόνο από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η

κλιματική αλλαγή, η αυξημένη αστικοποίηση, αλλά και από εσωτερικές αιτίες, όπως βλάβες στον εξοπλισμό, κατάρρευση των αγωγών ή αποφράξεις στο σύστημα αποχέτευσης. Οι αστοχίες αυτές μπορεί να είναι είτε ξαφνικές, όπως η αποτυχία μιας αντλίας, είτε να οφείλονται σε σταδιακή φθορά λόγω της παλαίωσης των υποδομών. Η εμφάνιση τέτοιων προβλημάτων, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με τις ήδη υπάρχουσες προκλήσεις των αποχετευτικών συστημάτων, μπορεί να μειώσει σημαντικά την ικανότητα άμυνας απέναντι στα πλημμυρικά φαινόμενα. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλειες ανθρώπινων ζωών, εκτεταμένες υλικές ζημιές και σοβαρές επιπτώσεις σε κρίσιμες υποδομές (Mugume et al., 2015).

- ο **Παράκτιες πλημμύρες:** Το μέγεθος των παράκτιων πλημμυρών εκτιμάται κυρίως με βάση το υψόμετρο και την έκταση της πλημμυρισμένης περιοχής. Αυτοί οι δύο παράγοντες είναι στενά συνδεδεμένοι και επηρεάζονται από τη μορφολογία και τα υψομετρικά χαρακτηριστικά του εδάφους που εκτίθεται σε πλημμυρικά φαινόμενα (Doornkamp, 1998). Το πρόβλημα των παράκτιων πλημμυρών γίνεται ολοένα και πιο σοβαρό, λόγω της αύξησης του πληθυσμού στις παράκτιες ζώνες και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας εντείνει την πίεση στις ακτές, επιτρέποντας στο θαλάσσιο νερό να εισχωρήσει σε περιοχές που προηγουμένως προστατεύονταν από φυσικά ή τεχνητά φράγματα. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, τα κράτη καταρτίζουν σχέδια διαχείρισης παράκτιων πλημμυρών, με βασικό στοιχείο την αναγνώριση των ζωνών που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο.

1.2.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Οι επιπτώσεις των πλημμυρών διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες, ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο εκδήλωσής τους. Οι άμεσες επιπτώσεις προκύπτουν αμέσως μετά το πλημμυρικό φαινόμενο και σχετίζονται άμεσα με τη φυσική καταστροφή. Περιλαμβάνουν θανάτους, τραυματισμούς, εγκλωβισμούς πληθυσμών, καθώς και καταστροφές σε κτίρια, υποδομές και άλλα τεχνητά έργα. Επιπλέον, η διάβρωση του εδάφους και η απώλεια γόνιμων εκτάσεων μπορούν να επιφέρουν σοβαρές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Αντίθετα, οι έμμεσες επιπτώσεις εκδηλώνονται μετά την υποχώρηση της πλημμύρας και αφορούν μακροπρόθεσμες και

πιο δύσκολα διαχειρίσιμες συνέπειες. Σε αυτές περιλαμβάνονται η μόλυνση των υδάτων, οι πυρκαγιές λόγω βραχυκυκλωμάτων, η υποβάθμιση του φυσικού τοπίου και η μείωση της βιοποικιλότητας. Παράλληλα, οι πλημμύρες ενδέχεται να προκαλέσουν κοινωνικές και οικονομικές κρίσεις, όπως αυξημένα επίπεδα φτώχειας, πείνα, ασθένειες, ακόμα και αποαστικοποίηση, καθώς πληθυσμοί αναγκάζονται να εγκαταλείψουν τις πληγείσες περιοχές.

Σύμφωνα με τον Λέκκα (2000), παράγοντες που επηρεάζουν τη σοβαρότητα των δευτερογενών επιπτώσεων περιλαμβάνουν τον ρυθμό ανύψωσης και τη διάρκεια της πλημμύρας, την αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης, καθώς και τα συστήματα μετριασμού και πρόληψης που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών. Η καταστροφικότητα μιας πλημμύρας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το μέγεθος και τη συχνότητά της, τις χρήσεις γης στις πληγείσες περιοχές και την εποχή εκδήλωσής της. Οι πλημμύρες μεγάλης κλίμακας εμφανίζονται συνήθως κάθε 10 χρόνια, επηρεάζοντας σημαντικά τόσο το φυσικό όσο και το ανθρωπογενές περιβάλλον. Η συστηματική καταγραφή των πλημμυρικών φαινομένων συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της συχνότητας και της έντασής τους, επιτρέποντας ακριβέστερες προβλέψεις για μελλοντικά συμβάντα. Παράλληλα, η αξιόπιστη πρόγνωση διευκολύνει την εφαρμογή κατάλληλου πολεοδομικού σχεδιασμού, ενισχύοντας τα μέτρα πρόληψης και μετριασμού των συνεπειών, ώστε να μειωθεί η τρωτότητα των εκτεθειμένων περιοχών.

1.2.5 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

Η αντιμετώπιση των πλημμυρών μπορεί να εξεταστεί σε διαφορετικά γεωγραφικά επίπεδα. Σε παγκόσμια κλίμακα, πολυεθνικοί φορείς, διεθνείς οργανισμοί και ερευνητικά κέντρα επικεντρώνονται σε ζητήματα που αφορούν τον πλανήτη συνολικά. Σε περιφερειακό επίπεδο, οι πλημμύρες επηρεάζουν ομάδες χωρών και διασυνοριακές λεκάνες ποταμών, όπου ζει περίπου το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού και όπου είναι απαραίτητη η συνεργασία για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Παράλληλα, οι πλημμύρες μελετώνται και σε εθνικό και τοπικό επίπεδο, εστιάζοντας σε συγκεκριμένες λεκάνες απορροής ποταμών. Σε παγκόσμια κλίμακα, η αντιμετώπιση των πλημμυρών περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την ανάπτυξη προβλέψεων μέσω μοντέλων και τη διαμόρφωση διεθνών πολιτικών που στοχεύουν

στη μείωση του κινδύνου και των επιπτώσεών τους. Σε τοπικό επίπεδο, οι επιπτώσεις των πλημμυρών γίνονται πιο άμεσα αντιληπτές. Οι κοινότητες που βρίσκονται σε περιοχές υψηλού κινδύνου είναι αυτές που υφίστανται τις μεγαλύτερες ζημιές αλλά και αυτές που πρέπει να λάβουν μέτρα πρόληψης και μείωσης του κινδύνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

2.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Πίνακας 2: Θεσμικό πλαίσιο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή

Θεσμικό πλαίσιο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή	
1.	N.2205/1994 «Κύρωση της Σύμβασης -Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές» (Α' 60).
2.	N.3017/2002 «Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος» (Α' 117).
3.	N.4345/2015 «Κύρωση της τροποποίησης της Ντόχα στο Πρωτόκολλο του Κιότο στη Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, που έχει κυρωθεί με το ν. 3017/2002 (Α' 117)» (Α' 148).
4.	Άρθρα 42-45 N.4414/2016 (Α'149) που αφορούν στην «Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ)», στα «Περιφερειακά Σχέδια για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ)» κ.ά.
5.	N.4426/2016 «Κύρωση της συμφωνίας των Παρισίων στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή» (Α' 187).

Πηγή: Ϊδια επεξεργασία

Ειδικότερα, η έννοια της προσαρμογής την κλιματική αλλαγή, εισήχθη στην ελληνική νομοθεσία με τα άρθρα 42-45 του Ν.4414/2016, και συγκεκριμένα, διαμέσου της εγκριθείσας Εθνικής Στρατηγικής για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (Ε.Σ.Π.Κ.Α.), και της πρόβλεψης των διατάξεων του ως άνω νόμου για εκπόνηση

Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (Πε.Σ.Π.Κ.Α.) για τις 13 Περιφέρειες της χώρας – που ως προς τον χωρικό σχεδιασμό καλύπτονται από τα Περιφερειακά Χωροταξικά Πλαίσια (Π.Χ.Π.) του άρθρου 6 του Ν.4447/2016 (Α' 241/23.12.2016) - των οποίων οι προδιαγραφές καθορίστηκαν για το σκοπό αυτό με την παραπάνω Υπουργική Απόφαση 11258/6.3.2017. Ωστόσο, εντοπίζεται σοβαρό έλλειμμα ως προς τη δεσμευτικότητα της εν λόγω εθνικής στρατηγικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή με την αντίστοιχη Εθνική Χωρική Στρατηγική και με τα λοιπά θεσμικά σχέδια χωρικού σχεδιασμού, τα Ειδικά Χωροταξικά Πλαίσια (Ε.Χ.Π.) - στρατηγικός χωρικός σχεδιασμός - τα Τοπικά - Ειδικά Πολεοδομικά Σχέδια (Τ.Π.Σ. - Ε.Π.Σ.) - 1^ο επίπεδο ρυθμιστικού χωρικού σχεδιασμού. Η Ε.Σ.Π.Κ.Α. παρέχει κατευθύνσεις και προτείνει μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή ως προς συγκεκριμένους τομείς δραστηριότητας (π.χ. υδατοκαλλιέργειες, τουρισμός). Για τις προδιαγραφές εκπόνησης των Τ.Π.Σ. και Ε.Π.Σ. ενσωματώνουν σε έναν βαθμό τα ζητήματα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, χωρίς όμως να προβλέπουν διασύνδεση με την Ε.Σ.Π.Κ.Α.

2.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ

2.2.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναγνωρίζοντας τη σημασία της προστασίας και διατήρησης του υδάτινου περιβάλλοντος στην Ευρώπη, θέσπισαν την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ. Η συγκεκριμένη Οδηγία καθορίζει θεμελιώδεις αρχές για μια βιώσιμη πολιτική διαχείρισης των υδάτων στην Ε.Ε. (ΥΠΕΚΑ, ο.π.). Γνωστή και ως Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000, με στόχο τη δημιουργία ενός ενιαίου πλαισίου προστασίας για τα εσωτερικά επιφανειακά, μεταβατικά, παράκτια και υπόγεια ύδατα. Κύριος σκοπός της είναι η εξασφάλιση της καλής οικολογικής κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων, η προώθηση της ορθολογικής χρήσης του νερού, η προστασία από επικίνδυνες ουσίες, η μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, καθώς και η διαχείριση των κινδύνων που συνδέονται με πλημμύρες και ξηρασίες (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2000).

Για την αποτελεσματική διαχείριση των υδάτινων πόρων, η Οδηγία υιοθετεί μια προσέγγιση που βασίζεται στις Λεκάνες Απορροής Ποταμών, επιδιώκοντας τον καλύτερο διοικητικό συντονισμό. Στο πλαίσιο αυτό, λαμβάνονται ειδικά μέτρα για κάθε λεκάνη, τόσο για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα όσο και για τις προστατευόμενες περιοχές (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007). Επιπλέον, η Οδηγία λαμβάνει υπόψη όλες τις χρήσεις και τις υπηρεσίες που σχετίζονται με το νερό, αναγνωρίζοντας την αξία του τόσο για το φυσικό περιβάλλον όσο και για τις ανθρώπινες ανάγκες και τις παραγωγικές δραστηριότητες. Παράλληλα, ενισχύει τη συμμετοχή του κοινού μέσα από διαδικασίες πληροφόρησης και διαβούλευσης, ενώ προωθεί την ολοκληρωμένη και αειφόρο διαχείριση των διασυννοριακών λεκανών απορροής ποταμών (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2000).

Το 2003, η Ελλάδα προχώρησε στην ψήφιση του Ν.3199/2003 με τίτλο «Προστασία και διαχείριση υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000» (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2003). Με τον συγκεκριμένο νόμο, η ελληνική νομοθεσία ευθυγραμμίστηκε με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, καθιερώνοντας ένα ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων της χώρας.

Η εναρμόνιση αυτή ενισχύθηκε περαιτέρω με το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, το οποίο εξειδικεύει και συμπληρώνει τις προβλέψεις του νόμου 3199/2003, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια (Ασημακόπουλος, n.d.). Στις 8 Μαρτίου 2007 εκδόθηκε το Προεδρικό Διάταγμα 51/2007, με τίτλο «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ». Το διάταγμα αυτό θεσπίστηκε με σκοπό τη διαμόρφωση ενός συνεκτικού πλαισίου μέτρων και διαδικασιών, που θα διασφαλίζουν την ολοκληρωμένη προστασία και τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων, καλύπτοντας τόσο τα εσωτερικά επιφανειακά και μεταβατικά ύδατα όσο και τα παράκτια και υπόγεια νερά.

2.2.2 ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ

Στις 18 Σεπτεμβρίου 2007, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε τη νέα Κοινοτική Οδηγία με τίτλο «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας» (Directive

of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks). Η Οδηγία αυτή θεσπίστηκε με στόχο τη μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με τις πλημμύρες, καθώς και την ενίσχυση των στρατηγικών πρόληψης και διαχείρισης των επιπτώσεών τους. Ο βασικός στόχος της Οδηγίας 2007/60/EK είναι να υποστηρίξει τα Κράτη Μέλη στην πρόληψη, τον περιορισμό και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρών. Μέσω αυτής της Οδηγίας, θεσπίζεται ένα ενιαίο ευρωπαϊκό πλαίσιο για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, το οποίο λειτουργεί συμπληρωματικά και σε στενό συντονισμό με την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60/EK). Η νέα Οδηγία εισάγει μια διαδικασία μακροπρόθεσμου σχεδιασμού για τη διαχείριση των πλημμυρών, η οποία υλοποιείται σε τρία διαδοχικά στάδια:

Στάδιο 1: Μέχρι το τέλος του 2011, τα Κράτη Μέλη όφειλαν να ολοκληρώσουν μια προκαταρκτική εκτίμηση των κινδύνων πλημμύρας για τις λεκάνες απορροής ποταμών, προκειμένου να εντοπίσουν τις περιοχές που παρουσιάζουν σημαντική πιθανότητα πλημμυρικών φαινομένων.

Στάδιο 2: Για τις περιοχές όπου διαπιστώνεται ουσιαστικός κίνδυνος πρόκλησης ζημιών από πλημμύρες, τα Κράτη Μέλη υποχρεούνται, έως το τέλος του 2013, να εκπονήσουν χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας. Οι χάρτες αυτοί θα αποτυπώνουν τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις των πλημμυρών, τόσο στον πληθυσμό όσο και σε κρίσιμες υποδομές και εγκαταστάσεις.

Στάδιο 3: Το αργότερο έως το 2015, τα Κράτη Μέλη όφειλαν να καταρτίσουν σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας για τις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως ευάλωτες. Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν μέτρα για τη μείωση της πιθανότητας εκδήλωσης πλημμυρών, καθώς και δράσεις για τον περιορισμό των επιπτώσεών τους.

Αν και τα σχέδια διαχείρισης καλύπτουν όλες τις φάσεις του κύκλου διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε τρεις βασικούς άξονες:

- ο **Πρόληψη**, που περιλαμβάνει μέτρα αποτροπής ζημιών, όπως η αποφυγή κατασκευής οικιών και βιομηχανιών σε περιοχές με υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, καθώς και η προσαρμογή των μελλοντικών αναπτυξιακών σχεδίων στους σχετικούς κινδύνους.

- ο **Προστασία**, με τη λήψη μέτρων που μειώνουν την πιθανότητα πλημμυρών ή περιορίζουν τις επιπτώσεις τους, όπως η αποκατάσταση κατακλυζόμενων περιοχών και υγροτόπων.
- ο **Ετοιμότητα**, που περιλαμβάνει δράσεις ενημέρωσης του κοινού, ώστε να γνωρίζει τα απαραίτητα βήματα σε περίπτωση πλημμύρας.

Τα τρία αυτά στάδια θα επαναλαμβάνονται σε εξαετείς κύκλους, διασφαλίζοντας έτσι τη συνεκτίμηση των μακροπρόθεσμων εξελίξεων και την προσαρμογή των στρατηγικών διαχείρισης στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Στις περιπτώσεις διεθνών λεκανών απορροής ποταμών, απαιτείται συντονισμός μεταξύ των εμπλεκόμενων χωρών, ώστε να αποφευχθεί η μετατόπιση των προβλημάτων από τη μία περιοχή στην άλλη. Παράλληλα, η Οδηγία υπογραμμίζει τη σημασία της ενεργού συμμετοχής όλων των ενδιαφερόμενων φορέων στη διαδικασία κατάρτισης και επικαιροποίησης των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας. Επιπλέον, προβλέπεται η δημοσιοποίηση των σχεδίων, των εκτιμήσεων και των χαρτών κινδύνου, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαφάνεια και η ευρεία ενημέρωση του κοινού.

Εικόνα 1: Η προσέγγιση των πέντε σταδίων για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων που θα προβλέπει η οδηγία για τις πλημμύρες



Πηγή: Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο, 2018

Στις 21 Ιουλίου 2010 εκδόθηκε η Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1108 Β'/2010) με τίτλο «Αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ», ενσωματώνοντας έτσι την ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/ΕΚ στο ελληνικό δίκαιο.

Αρχικά, διαμορφώθηκε το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, το οποίο καθορίζει τις βασικές στρατηγικές για την πρόληψη, προστασία, μετριασμό και ετοιμότητα απέναντι στους κινδύνους πλημμύρας, καθώς και τα μέτρα αποκατάστασης των ζημιών στο περιβάλλον. Το πρόγραμμα αυτό προσδιορίζει επίσης τους κύριους στόχους για τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας σε εθνικό επίπεδο. Σε Εθνικό Επίπεδο οι αρμόδιες αρχές για την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, έχουν ως ακολούθως:

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων: Αποτελεί το ανώτατο διυπουργικό όργανο υπεύθυνο για τη διαμόρφωση της πολιτικής σχετικά με την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Έχει την αρμοδιότητα να παρακολουθεί και να ελέγχει την εφαρμογή αυτής της πολιτικής, καθώς και να εγκρίνει τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτινων πόρων, μετά από εισήγηση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας και τη γνωμοδότηση του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων. Στα προγράμματα αυτά περιλαμβάνεται και το εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.3199/2003, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 29 του Ν.4519/2018, η Εθνική Επιτροπή Υδάτων αποτελείται από τους υπουργούς, Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Πρόεδρος), Εσωτερικών, Οικονομίας και Ανάπτυξης, Οικονομικών, Υγείας, Διοικητικής Ανασυγκρότησης, Υποδομών και Μεταφορών, Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Κοινωνικής Αλληλεγγύης. Επιπλέον, ανάλογα με τα θέματα που συζητούνται, μπορούν να συμμετέχουν και άλλοι υπουργοί, μετά από πρόσκληση του Προέδρου. Ειδικά για ζητήματα διακρατικών υδάτων, στην Επιτροπή μετέχει και ο Υπουργός Εξωτερικών. Αντί των υπουργών, είναι δυνατόν να συμμετέχουν εκπρόσωποί τους, κατόπιν σχετικής απόφασης. Τέλος έχει τη δυνατότητα να συγκροτεί Γνωμοδοτικές Επιστημονικές Επιτροπές για την υποστήριξη του έργου της.

Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων: Αποτελεί γνωμοδοτικό όργανο προς την Εθνική Επιτροπή Υδάτων, παρέχοντας εισηγήσεις για τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας. Σε αυτά περιλαμβάνεται και το εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, σύμφωνα με το άρθρο 3 παρ. 1.1 της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.

Το Συμβούλιο συγκροτείται σύμφωνα με το άρθρο 3 του Ν.3199/2003, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 29 του Ν.4519/2018, και προεδρεύεται από τον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Σε αυτό συμμετέχουν, μέσω εκπροσώπων τους: Κάθε κοινοβουλευτικό κόμμα, η Ένωση Περιφερειών Ελλάδος, η Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Ελλάδος, η Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, οι Εταιρείες Ύδρευσης και Αποχέτευσης Αθηνών και Θεσσαλονίκης, καθώς και λοιπές εταιρείες ύδρευσης που δεν εκπροσωπούνται από την Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, η Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ενώσεων Γεωργικών Συνεταιρισμών, ο Σύνδεσμος Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, η Γενική Συνομοσπονδία Εργατών Ελλάδος, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος και το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών και το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων, το Εθνικό Κέντρο Φυσικών Επιστημών και το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, το Ινστιτούτο Καταναλωτών, ο Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα», η Εθνική Επιτροπή για την Καταπολέμηση της Απερήμωσης, Περιβαλλοντικές μη κυβερνητικές

οργανώσεις. Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων συγκαλείται από τον Πρόεδρό του, τον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας, τουλάχιστον δύο φορές τον χρόνο. Οι συνεδριάσεις του καταγράφονται με απομαγνητοφωνημένα πρακτικά, τα οποία τηρεί η Ειδική Γραμματεία Υδάτων και δημοσιεύονται στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Η Γενική Γραμματεία Φυσικού Περιβάλλοντος και Υδάτων (ΓΓΦΠΥ): είναι αρμόδια για την κατάρτιση των προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας, καθώς και για τον συντονισμό των υπηρεσιών και κρατικών φορέων σε ζητήματα που αφορούν την προστασία και διαχείριση των υδάτων, συμπεριλαμβανομένου του κινδύνου πλημμυρών. Σε συνεργασία με τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ) του Υπουργείου Εσωτερικών και, εφόσον απαιτείται, με άλλα συναρμόδια υπουργεία, διαμορφώνει και επεξεργάζεται το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας. Το πρόγραμμα αυτό εντάσσεται στο πλαίσιο των εθνικών προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας.

Η ΓΓΦΠΥ έχει την ευθύνη να παρακολουθεί, αξιολογεί και ελέγχει την εφαρμογή του εθνικού προγράμματος, να συντονίζει τις αρμόδιες υπηρεσίες και φορείς και να εκπροσωπεί τη χώρα στα κοινοτικά όργανα για ζητήματα διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας. Παράλληλα, καταρτίζει και υποβάλλει στην Εθνική Επιτροπή Υδάτων τις απαιτούμενες ετήσιες εκθέσεις σχετικά με την υλοποίηση, την αξιολόγηση και τον έλεγχο εφαρμογής του προγράμματος. Επιπλέον, σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων, η ΓΓΦΠΥ καταρτίζει τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας, παρακολουθεί και συντονίζει την εφαρμογή τους, διασφαλίζοντας την ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των υδάτων.

Σε περιφερειακό επίπεδο οι αρμόδιες αρχές για την αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, έχουν ως ακολούθως:

Το Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης συγκροτείται σε κάθε Αποκεντρωμένη Διοίκηση, σύμφωνα με το άρθρο 6 του Ν.3199/2003, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 53 του Ν.4423/2016 (ΦΕΚ182/Α'/27-09-2016).

Λειτουργεί ως όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για ζητήματα που αφορούν την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Όταν η Αποκεντρωμένη Διοίκηση είναι αρμόδια για την κατάρτιση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ενός Υδατικού Διαμερίσματος, το Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης γνωμοδοτεί πριν από την έγκρισή του. Παράλληλα, εκφράζει τη γνώμη του προς τον Συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης, σύμφωνα με το άρθρο 28 του Ν.4325/2015 (ΦΕΚ Α' 47), για οποιοδήποτε θέμα σχετικό με την αξιολόγηση και διαχείριση του κινδύνου πλημμύρας που τίθεται προς εξέταση. Πριν από τη γνωμοδότηση για το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, το Συμβούλιο Υδάτων Αποκεντρωμένης Διοίκησης το δημοσιοποιεί, ώστε το κοινό να ενημερωθεί για το περιεχόμενό του και να έχει τη δυνατότητα συμμετοχής στη δημόσια διαβούλευση. Η διάρκεια της διαβούλευσης καθορίζεται από το ίδιο το Συμβούλιο.

Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων είναι αρμόδιες για την εφαρμογή της πολιτικής προστασίας και διαχείρισης των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των πλημμυρικών κινδύνων.

Στις αρμοδιότητές τους περιλαμβάνονται:

- ο Η Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας.
- ο Η κατάρτιση, σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Πολιτικής Προστασίας, των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας, των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.
- ο Ο συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων και η διασφάλιση της εναρμόνισης των ανωτέρω διαδικασιών με το Π.Δ. 51/2007 και την ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010, όπως τροποποιήθηκε.
- ο Η προώθηση της συμμετοχής των ενδιαφερόμενων φορέων στη διαδικασία σχεδιασμού, αναθεώρησης και επικαιροποίησης των Σχεδίων Διαχείρισης.
- ο Η σύνταξη και διαβίβαση στην Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) ετήσιων εκθέσεων για την υλοποίηση, την αξιολόγηση και τον έλεγχο εφαρμογής των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας.

Με την τροποποίηση της ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/2010 από την ΚΥΑ 177772/924/2017 (ΦΕΚ Β' 2140), δίνεται η δυνατότητα, ύστερα από αίτημα του Συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης, οι διαδικασίες κατάρτισης, επανεξέτασης ή αναθεώρησης των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας να πραγματοποιούνται από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Σε αυτή την περίπτωση:

- ο Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων συνεργάζεται με την αρμόδια Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και τα συναρμόδια Υπουργεία.
- ο Η διαδικασία διαβούλευσης ακολουθεί τις προβλέψεις του άρθρου 9 της ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/2010, όπως τροποποιήθηκε.
- ο Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας εγκρίνονται από την Εθνική Επιτροπή Υδάτων μετά από εισήγηση της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων.

Στην παρούσα φάση, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων είναι υπεύθυνη για την εκπόνηση της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, των Χαρτών Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας, κατόπιν σχετικού αιτήματος των Συντονιστών των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων, βάσει του άρθρου 3 της ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010, όπως ισχύει.

2.2.3 ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ (ΣΔΛΑΠ)

Το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) αποτελεί το στρατηγικό πλάνο για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων σε κάθε Υδατικό Διαμέρισμα, με σκοπό την εξασφάλιση της καλής κατάστασης των υδάτων. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τη διαδικασία αναθεώρησης και επικαιροποίησης του χαρακτηρισμού και της ταξινόμησης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Αυτό συνεπάγεται την αναλυτική αξιολόγηση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις οικολογικές και χημικές παραμέτρους, περιλαμβανομένων και των συστημάτων που έχουν υποστεί τροποποιήσεις ή τεχνητές αλλαγές, καθώς και των υπόγειων συστημάτων.

Επιπλέον, το σχέδιο προβλέπει την αξιολόγηση της προόδου εφαρμογής του υπάρχοντος ΣΔΛΑΠ, καθώς και την επικαιροποίηση του Μητρώου Προστατευόμενων Περιοχών, με την ένταξη νέων δεδομένων. Παράλληλα, περιλαμβάνει την αναθεώρηση του καταλόγου των σημαντικών πιέσεων που ασκούνται στα υδατικά συστήματα και των επιπτώσεών τους. Τέλος, το ΣΔΛΑΠ αναγνωρίζει την ανάγκη αναθεώρησης των περιβαλλοντικών στόχων για όλα τα υδατικά συστήματα, τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια, ενώ προβλέπεται και η επικαιροποίηση της οικονομικής ανάλυσης των υδατικών χρήσεων. Στο πλαίσιο αυτό, γίνεται ανασκόπηση και αναθεώρηση των Προγραμμάτων Μέτρων για την προστασία και αποκατάσταση των υδάτινων πόρων σε κάθε Υδατικό Διαμέρισμα.

2.2.4 ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ (ΣΔΚΠ)

Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών είναι στρατηγικά έγγραφα που περιγράφουν τα μέτρα και τις δράσεις που πρέπει να ληφθούν για την πρόληψη, περιορισμό και διαχείριση των κινδύνων πλημμυρών σε μια συγκεκριμένη λεκάνη απορροής ποταμού. Αυτά τα σχέδια αναπτύσσονται στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία καθορίζει ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας περιλαμβάνουν:

1. Αξιολόγηση κινδύνου πλημμύρας: Τα σχέδια περιλαμβάνουν μια προκαταρκτική εκτίμηση των περιοχών που ενδέχεται να πλημμυρίσουν και προσδιορίζουν τις περιοχές με σοβαρή πιθανότητα πλημμύρας, τις συνέπειες των πλημμυρών (π.χ. σε πληθυσμό, υποδομές, οικονομία κ.λπ.) και τις περιοχές με υψηλό κίνδυνο.
2. Χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας: Περιλαμβάνουν χάρτες που καταδεικνύουν τις περιοχές που είναι πιο επιρρεπείς σε πλημμύρες και την ένταση των πλημμυρικών φαινομένων (π.χ. χαμηλές ή υψηλές περιοχές κινδύνου). Αυτοί οι χάρτες είναι σημαντικοί για τον εντοπισμό των περιοχών που απαιτούν άμεση προσοχή.

3. Μέτρα πρόληψης και προστασίας: Τα σχέδια καθορίζουν τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την πρόληψη των πλημμυρών, την μείωση των κινδύνων και την προστασία των περιοχών που πλήττονται από πλημμύρες. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αποκατάσταση φυσικών οικοτόπων (π.χ. υγροτόπων), την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων (όπως φράγματα και αναχώματα), την απαγόρευση ή περιορισμό ορισμένων δραστηριοτήτων σε περιοχές υψηλού κινδύνου και την ενίσχυση της προετοιμασίας για έκτακτες καταστάσεις.
4. Σχέδια ετοιμότητας και αντίδρασης: Περιλαμβάνουν την ανάπτυξη σχεδίων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των πλημμυρών, όπως την εκκένωση περιοχών, την προστασία κρίσιμων υποδομών και την ενημέρωση και καθοδήγηση του κοινού σε περιόδους κρίσης.
5. Συνεργασία και συντονισμός: Τα σχέδια διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας απαιτούν συνεργασία μεταξύ διαφόρων φορέων και κρατών σε περίπτωση διεθνών λεκανών απορροής, για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρών και να αποφευχθούν μεταφορές προβλημάτων από την μια περιοχή στην άλλη.
6. Δημοσιοποίηση και συμμετοχή του κοινού: Τα σχέδια διαχείρισης πλημμύρας πρέπει να είναι διαφανή και να περιλαμβάνουν τη συμμετοχή του κοινού, μέσω διαβουλεύσεων και ενημέρωσης, για να διασφαλιστεί ότι οι τοπικές κοινωνίες είναι έτοιμες και ενημερωμένες για τις δράσεις που απαιτούνται.
7. Αξιολόγηση και παρακολούθηση: Υπάρχει συνεχής αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων και των στρατηγικών που έχουν εφαρμοστεί για την πρόληψη και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, και αναγκαία προσαρμογή των σχεδίων ανάλογα με τις εξελίξεις και τα νέα δεδομένα.

Ο στόχος αυτών των σχεδίων είναι να μειωθεί η έκθεση σε κινδύνους πλημμύρας, να προστατευτούν οι άνθρωποι, οι περιουσίες και το περιβάλλον, και να ενισχυθεί η ικανότητα αντίδρασης σε περίπτωση πλημμύρας.

Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα εγκεκριμένα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών για τα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας.

Πίνακας 3: Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας

Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας	
1	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41346/322 (Β' 2640/05.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου (EL01) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
2	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41356/323 (Β' 2691/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Βόρειας Πελοποννήσου (EL02) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
3	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ /41364/324 (Β' 2692/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Πελοποννήσου (EL03) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
4	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41366/325 (Β' 2686/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (EL04) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
5	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41368/326 (Β' 2684/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (EL05) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
6	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41369/327 (Β' 2693/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (EL06) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
7	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41375/328 (Β' 2682/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (EL07) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
8	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41377/329 (Β' 2685/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας (EL08) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
9	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41387/331 (Β' 2689/08.08.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας (EL09) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»

Θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνου πλημμύρας	
10	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41389/332 (Β' 2638/05.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (EL10) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
11	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41392/333 (Β' 2690/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Μακεδονίας (EL11) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
12	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41394/334 (Β' 2688/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (EL12) (εκτός της Λεκάνης Απορροής Ποταμού Έβρου) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων»
13	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41402/337 (Β' 2688/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκάνης Απορροής Ποταμού Έβρου του Υδατικού Διαμερίσματος Θράκης (EL12) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
14	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41397/335 (Β' 2687/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (EL13) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»
15	Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41398/336 (Β' 2683/06.07.2018) «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (Βορείου και Νοτίου Αιγαίου) (EL14) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Εικόνα 2: Υδατικά Διαμερίσματα Ελλάδας

Πηγή: Σχεδίο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ)

2.2.5 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΔΚΠ – ΣΔΛΑΠ

Οι βασικές διαφορές μεταξύ των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ) και των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ), σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, αφορούν το αντικείμενο, τους στόχους και την προσέγγιση της διαχείρισης.

Τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών εστιάζουν στη συνολική προστασία και βιώσιμη διαχείριση όλων των υδάτων εντός μιας λεκάνης απορροής ποταμού. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ θέτει το πλαίσιο για την επίτευξη της "καλής κατάστασης" των υδάτων, καλύπτοντας τόσο τις ποιοτικές όσο και τις ποσοτικές

παραμέτρους. Στο πλαίσιο των ΣΔΛΑΠ, ενσωματώνονται ζητήματα όπως η ρύπανση, η χρήση των υδάτων, η προστασία της βιοποικιλότητας και η ολοκληρωμένη διαχείριση του φυσικού περιβάλλοντος. Επιπλέον, περιλαμβάνονται διαδικασίες διαβούλευσης με τα ενδιαφερόμενα μέρη και το κοινό για να διασφαλιστεί η διαφάνεια και η συμμετοχή στην υλοποίηση των σχεδίων. Αντίθετα, τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας επικεντρώνονται στον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση των κινδύνων που προκαλούν πλημμύρες. Ενώ τα ΣΔΛΑΠ περιλαμβάνουν υδρολογικές και γεωμορφολογικές αναλύσεις (όπως χαρτογράφηση περιοχών κινδύνου και εκτίμηση επιπτώσεων σε ανθρώπινες δραστηριότητες και το περιβάλλον), τα ΣΔΚΠ στοχεύουν στην προστασία της ανθρώπινης ζωής, στη μείωση των υλικών ζημιών και στην ενίσχυση της ετοιμότητας για την αντιμετώπιση πλημμυρών.

Εν κατακλείδι, τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών υιοθετούν μια ευρύτερη και ολιστική προσέγγιση για την προστασία των υδατικών πόρων, συμπεριλαμβάνοντας θέματα ρύπανσης και οικολογικής κατάστασης, ενώ τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας επικεντρώνονται στην πρόληψη και την αντιμετώπιση των πλημμυρών. Αυτή η διαφοροποίηση επιτρέπει την εφαρμογή στοχευμένων μέτρων για την προστασία από πλημμύρες, ενταγμένων όμως σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διαχείρισης υδάτων σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

2.2.6 ΤΟΠΙΚΑ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

Η αναγνώριση του δικτύου διαχείρισης έκτακτων αναγκών, συμπεριλαμβανομένων των οδεύσεων διαφυγής και των χώρων καταφυγής, αποτελεί κρίσιμο στοιχείο στον αναπτυξιακό σχεδιασμό των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων (Τ.Π.Σ.). Ιδιαίτερη σημασία έχει η ενσωμάτωση των πλημμυρικών φαινομένων στον σχεδιασμό, καθώς αυτά συνιστούν έναν από τους σημαντικότερους περιβαλλοντικούς κινδύνους για τις οικιστικές και παραγωγικές περιοχές. Στις τοπικές πολεοδομικές μελέτες γίνεται αναφορά στα πλημμυρικά φαινόμενα, λαμβάνοντας υπόψη τις ιστορικές πλημμύρες που έχουν σημειωθεί στην υπό εξέταση περιοχή. Η αποδελτίωση των σχεδίων διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας επιτρέπει τον εντοπισμό των ζωνών δυνητικά υψηλού κινδύνου, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον χωρικό σχεδιασμό. Η ένταξη αυτών των δεδομένων στις πολεοδομικές μελέτες διασφαλίζει

ότι οι αναπτυξιακές παρεμβάσεις γίνονται με τρόπο που να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο για τους κατοίκους και τις υποδομές.

Για την καλύτερη κατανόηση και αξιολόγηση του φαινομένου, κρίνεται βάσει προδιαγραφών απαραίτητη η εκπόνηση χαρτών που περιλαμβάνουν κρίσιμα χωρικά δεδομένα σχετικά με τους κινδύνους και την πολιτική προστασία. Συγκεκριμένα, απαιτείται η χαρτογράφηση και ανάλυση των ακόλουθων παραμέτρων:

A8.1 Κίνδυνοι και Πολιτική Προστασία

- Κίνδυνοι καταστροφών και οι επιπτώσεις τους στον αστικό και φυσικό ιστό.
- Ζώνες υφαλμύρωσης, οι οποίες επηρεάζουν τους υδατικούς πόρους και την αγροτική παραγωγή.
- Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ), που απαιτούν ειδικές παρεμβάσεις για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου.
- Περιοχές κατάντη φραγμάτων τεχνητών λιμνών, οι οποίες διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο σε περιπτώσεις αστοχίας των υποδομών.
- Παράκτιες ζώνες ευάλωτες στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, με σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομική και κοινωνική δραστηριότητα.
- Ζώνες διάβρωσης, οι οποίες επηρεάζουν τη σταθερότητα του εδάφους και τις κατασκευές.
- Ζώνες ασφάλειας υποδομών, όπως υδροληψίες, δίκτυα μεταφοράς ενέργειας και λατομεία, που απαιτούν αυξημένη προστασία.
- Περιοχές προστασίας ποταμών, ρεμάτων, λοιπών υδάτινων επιφανειών και υδροληψίας, για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και της ποιότητας των υδάτων.

- ο Υποδομές και παρεμβάσεις πρόληψης και αντιμετώπισης καταστροφών, που διασφαλίζουν τη βιωσιμότητα των οικιστικών και παραγωγικών ζωνών.

Η αξιολόγηση αυτών των παραμέτρων, σε συνδυασμό με τη διατύπωση εναλλακτικών σεναρίων χωρικής ανάπτυξης, επιτρέπει την επιλογή του πλέον κατάλληλου αναπτυξιακού μοντέλου. Η ένταξη μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας στις πολεοδομικές μελέτες διαμορφώνει ένα πιο ανθεκτικό αστικό και περιαστικό περιβάλλον, προλαμβάνοντας τις καταστροφικές επιπτώσεις των πλημμυρών και ενισχύοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη. Συνεπώς, η σύνδεση των πολεοδομικών σχεδιασμών με τη διαχείριση κινδύνων πλημμύρας κρίνεται απαραίτητη, καθώς διαμορφώνει ένα ασφαλές και λειτουργικό περιβάλλον για τους πολίτες, μειώνοντας ταυτόχρονα τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις από μελλοντικά πλημμυρικά φαινόμενα.

2.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Η ανάγκη αντιμετώπισης των αυξανόμενων κινδύνων από πλημμύρες οδήγησε πολλές χώρες στην ανάπτυξη καινοτόμων προσεγγίσεων διαχείρισης, οι οποίες ενσωματώνουν τη διαχείριση του υδάτινου κινδύνου στον χωρικό σχεδιασμό. Η υιοθέτηση πολυεπίπεδων στρατηγικών, η διασύνδεση με τα εργαλεία πολεοδομίας και η ενσωμάτωση της κλιματικής προσαρμογής χαρακτηρίζουν τις πιο επιτυχημένες διεθνείς πρακτικές.

2.3.1 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΓΑΛΛΙΑΣ

Η Γαλλία έχει αναπτύξει ένα πολύπλευρο και αποκεντρωμένο θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση κινδύνων πλημμύρας. Η προσέγγισή της βασίζεται στη σύνδεση της στρατηγικής κλιματικής προσαρμογής με τον χωρικό σχεδιασμό μέσω των Σχεδίων Περιφερειακής Συνοχής (SCoT) και των Τοπικών Σχεδίων Χρήσεων Γης (PLU/PLUi). Κεντρικό εργαλείο αποτελεί η Εθνική Στρατηγική Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (SNGRI), η οποία καθορίζει τις ζώνες υψηλού κινδύνου (APSF) και επιβάλλει δεσμευτικές πολιτικές και μέτρα για κάθε επίπεδο διοίκησης. Δίνεται έμφαση στην αποφυγή δόμησης σε ζώνες υψηλού κινδύνου, ενώ προωθούνται φυσικές λύσεις

μείωσης της απορροής, όπως η διατήρηση πλημμυρικών πεδίων, οι αστικές πράσινες υποδομές και η ανάκτηση υγροτόπων (Ministère de la Transition écologique, 2020).

2.3.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΟΛΛΑΝΔΙΑΣ

Η Ολλανδία αποτελεί διεθνές παράδειγμα αριστείας στην ολοκληρωμένη διαχείριση νερού, καθώς η γεωμορφολογία της επιβάλλει ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις αντιπλημμυρικής προστασίας. Η προσέγγιση "Room for the River" βασίζεται στην παραχώρηση ελεύθερου χώρου στο νερό, ενθαρρύνοντας την αποφυγή αυστηρών τεχνικών παρεμβάσεων και την ενσωμάτωση του νερού στο πολεοδομικό περιβάλλον. Παραποτάμιες περιοχές διαμορφώνονται ως φυσικές δεξαμενές πλημμύρας, ενώ ο πολεοδομικός σχεδιασμός προβλέπει ζώνες μη δόμησης, οικοδομικές γραμμές ασφάλειας και εφαρμογή σεναρίων πλημμυρικού κινδύνου. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί το Watersquare Benthemplein στο Ρότερνταμ, όπου μια αστική πλατεία λειτουργεί ως υπόγεια δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού σε περιόδους αιχμής, ενώ εκτός πλημμυρικών γεγονότων χρησιμοποιείται ως δημόσιος χώρος (Rijke et al., 2012).

2.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΑΝΙΑΣ

Η Κοπεγχάγη εισήγαγε το Cloudburst Management Plan το 2012 ως απάντηση στις καταστροφικές πλημμύρες προηγούμενων ετών. Το σχέδιο αυτό ενσωματώνει ένα ευρύ φάσμα υποδομών και φυσικών λύσεων για τη διαχείριση της επιφανειακής απορροής. Περιλαμβάνει συνδυασμό τεχνικών υποδομών αποθήκευσης και καθυστέρησης της απορροής με φυσικά μέσα, όπως πάρκα, πράσινες στέγες, διαπερατά υλικά και ανοιχτά κανάλια απορροής. Η χωρική του προσέγγιση βασίζεται στη χαρτογράφηση ζωνών συσσώρευσης υδάτων (γνωστών ως Blue Spots), στις οποίες προβλέπεται καθοδήγηση της ροής του νερού μακριά από κρίσιμες υποδομές. Το σχέδιο ενσωματώθηκε στον πολεοδομικό σχεδιασμό της πόλης, με τη στήριξη δημοτικών επενδύσεων και κινήτρων για ιδιώτες, επιτυγχάνοντας παράλληλα λειτουργική και αισθητική αναβάθμιση των δημόσιων χώρων (City of Copenhagen, 2012).

2.3.4 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΠΟΛΙΤΕΙΩΝ

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η διαχείριση πλημμυρικών κινδύνων πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό μέσω του National Flood Insurance Program (NFIP), το οποίο ενσωματώνει τις πολιτικές προστασίας στον πολεοδομικό σχεδιασμό και παρέχει κίνητρα μέσω ασφαλιστικής κάλυψης. Οι τοπικές αρχές ενθαρρύνονται να υιοθετήσουν κανονισμούς όπως οι Floodplain Ordinances και να χαρτογραφήσουν τις ζώνες υψηλού κινδύνου (FEMA Flood Zones), προκειμένου να μειώσουν τα ασφάλιστρα. Παράλληλα, προωθείται η χρήση Nature-Based Solutions, όπως οι υγράτοποι και οι αστικές πράσινες υποδομές, καθώς και η εφαρμογή τεχνολογιών γεωπληροφορικής (GIS) για την πρόγνωση και τη χωρική ανάλυση κινδύνου (FEMA, 2020).

2.4 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο αναδείχθηκε η σημασία της ύπαρξης ενός συνεκτικού θεσμικού πλαισίου για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και η διαχείριση του πλημμυρικού κινδύνου. Κατέστη σαφές ότι, μολονότι η Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ) και τα Περιφερειακά Σχέδια (ΠεΣΠΚΑ) συνιστούν ουσιώδη βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση, η απουσία ρητής και δεσμευτικής διασύνδεσης με τα εργαλεία του πολεοδομικού και χωρικού σχεδιασμού περιορίζει την πρακτική τους εφαρμογή. Παράλληλα, το θεσμικό πλαίσιο που ορίζεται από τις Οδηγίες 2000/60/ΕΚ και 2007/60/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδάτων και πλημμυρών, βασισμένο στις αρχές της πρόληψης, της προστασίας και της ετοιμότητας, ενώ η εφαρμογή τους στην Ελλάδα θεμελιώθηκε μέσω σχετικών νόμων, διαταγμάτων και υπουργικών αποφάσεων.

Τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) και τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), τα οποία αποτελούν βασικά εργαλεία σχεδιασμού και εφαρμογής πολιτικών διαχείρισης υδάτινων κινδύνων. Ωστόσο, η λειτουργία τους επηρεάζεται από την πολυπλοκότητα της διοικητικής δομής, την εμπλοκή πολλών εμπλεκόμενων φορέων και την ανάγκη για αποτελεσματικό συντονισμό μεταξύ εθνικού, περιφερειακού και τοπικού επιπέδου. Η εξέταση της διεθνούς εμπειρίας, με

χαρακτηριστικό παράδειγμα την περίπτωση της Γαλλίας, ανέδειξε την αξία των ολοκληρωμένων στρατηγικών που ενσωματώνουν τις αρχές της βιωσιμότητας, της ασφάλειας και της ανθεκτικότητας στον χωρικό σχεδιασμό. Συνολικά, διαπιστώνεται η ανάγκη ενίσχυσης της σύνδεσης των πολιτικών προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή με τα εργαλεία του χωρικού σχεδιασμού, καθώς και η ενσωμάτωση των στρατηγικών διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου στο σύνολο των αναπτυξιακών και πολεοδομικών παρεμβάσεων. Μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση της τρωτότητας των περιοχών και στη θωράκιση των τοπικών κοινωνιών έναντι των συνεπειών της κλιματικής μεταβολής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Η τουριστική ανάπτυξη αποτελεί σήμερα έναν από τους κύριους μοχλούς οικονομικής και κοινωνικής αναζωογόνησης του ορεινού χώρου. Οι ορεινές περιοχές, παρά τις φυσικές, γεωγραφικές και δημογραφικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν, διαθέτουν σημαντικά πλεονεκτήματα, πλούσιο φυσικό περιβάλλον, πολιτιστική κληρονομιά, παραδοσιακές δραστηριότητες και έντονη τοπικότητα. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω του τουρισμού, ώστε να προωθηθεί μια ανάπτυξη που δεν είναι μόνο οικονομικά αποδοτική, αλλά και κοινωνικά και περιβαλλοντικά βιώσιμη.

Τα μοντέλα προσομοίωσης πλημμύρας είναι υπολογιστικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη, ανάλυση και διαχείριση πλημμυρικών φαινομένων. Αυτά τα μοντέλα χρησιμοποιούν μαθηματικές εξισώσεις για να περιγράψουν τη ροή του νερού σε μια περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η βροχόπτωση, η τοπογραφία, η χρήση γης, η απορροή και η αποστράγγιση. Η χρήση των μοντέλων πλημμύρας είναι πολυδιάστατη και αφορά διάφορους τομείς, από την ανάλυση κινδύνου έως τον σχεδιασμό υποδομών και την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης. Ορισμένες από τις βασικές χρήσεις των μοντέλων πλημμύρας περιλαμβάνουν:

- Αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου: Τα μοντέλα πλημμύρας χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου σε διάφορες περιοχές. Αυτή η ανάλυση βοηθά στον εντοπισμό των περιοχών που διατρέχουν κίνδυνο πλημμυρών, έτσι ώστε να ληφθούν προληπτικά μέτρα και να βελτιωθεί η ασφάλεια των πολιτών.
- Σχεδιασμό υποδομών και αντιπλημμυρικών έργων: Τα μοντέλα προσομοιώνουν τη συμπεριφορά των ποταμών, των ρεμάτων και των αστικών περιοχών κατά τη διάρκεια πλημμυρών, ώστε να βοηθήσουν στον σχεδιασμό

έργων υποδομής, όπως φράγματα, αντλητικά συστήματα, κανάλια, αναχώματα και συστήματα αποστράγγισης.

- ο Ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης πλημμυρών: Με βάση τις προσομοιώσεις πλημμύρας, οι υπεύθυνοι σχεδιασμού και διαχείρισης μπορούν να δημιουργήσουν στρατηγικές και σχέδια για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των πλημμυρών, όπως η επιλογή περιοχών για τη δημιουργία καταφυγίων ή η ανάπτυξη πολιτικών αποκατάστασης.
- ο Ενημέρωση και προειδοποίηση πολιτών: Τα μοντέλα πλημμύρας, σε συνδυασμό με τα συστήματα προειδοποίησης, μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την αποφυγή κινδύνων πλημμύρας, ειδοποιώντας τους κατοίκους σε επικίνδυνες περιοχές για να λάβουν προφυλάξεις.

3.1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Τα μοντέλα προσομοίωσης πλημμυρών κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και τις παραδοχές τους. Μια βασική διάκριση αφορά την κατανομή των παραμέτρων τους.

Τα Ενιαία μοντέλα (Lumped models) προσομοιώνουν τη συνολική συμπεριφορά μιας λεκάνης απορροής, θεωρώντας ότι όλες οι παράμετροι είναι ομοιόμορφα κατανομημένες. Δεν λαμβάνουν υπόψη τη χωρική μεταβολή των υδρολογικών χαρακτηριστικών, αλλά είναι εύκολα στη χρήση και απαιτούν λιγότερους υπολογιστικούς πόρους. Χρησιμοποιούνται συχνά για γρήγορες εκτιμήσεις πλημμυρικού κινδύνου. Και τα κατανομημένα μοντέλα (Distributed models) που προσομοιώνουν τη ροή του νερού λαμβάνοντας υπόψη τις χωρικές διαφοροποιήσεις μιας περιοχής, όπως η τοπογραφία, η χρήση γης και η διαπερατότητα του εδάφους. Είναι πιο ακριβή από τα ενιαία μοντέλα, αλλά απαιτούν περισσότερα δεδομένα και αυξημένη υπολογιστική ισχύ. Επιπλέον, τα μοντέλα προσομοίωσης πλημμυρών μπορούν να διακριθούν με βάση τη χρονική τους διάσταση. Τα μοντέλα προσομοίωσης γεγονότων (Event-based models). Αυτά τα μοντέλα προσομοιώνουν μεμονωμένα πλημμυρικά γεγονότα, όπως μια δυνατή βροχόπτωση, εστιάζοντας στην απόκριση της λεκάνης απορροής σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Είναι χρήσιμα

για τη μελέτη των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων και τον σχεδιασμό αντιπλημμυρικών έργων. Τα συνεχή μοντέλα (Continuous models) λειτουργούν σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες και προσομοιώνουν τις μεταβολές του υδρολογικού κύκλου σε βάθος χρόνου. Είναι χρήσιμα για την ανάλυση μακροπρόθεσμων τάσεων, όπως η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις πλημμύρες.

Τέλος, μια άλλη διάκριση αφορά τη χωρική διάσταση της προσομοίωσης. Τα μονοδιάστατα μοντέλα (1D) που προσομοιώνουν τη ροή του νερού κατά μήκος μιας διαδρομής, όπως ποτάμια ή κανάλια. Είναι απλά και αποδοτικά, αλλά περιορίζονται στην αναπαράσταση της ροής μόνο σε μία διάσταση, χωρίς να αποτυπώνουν πλευρικές εκροές ή πολύπλοκες διασπορές νερού. Τα δισδιάστατα μοντέλα (2D) που προσομοιώνουν τη ροή του νερού σε μια επιφάνεια, επιτρέποντας την απεικόνιση της κατανομής του νερού σε δύο διαστάσεις. Είναι κατάλληλα για την προσομοίωση πλημμυρών σε πεδινές περιοχές και αστικά περιβάλλοντα, καθώς λαμβάνουν υπόψη την οριζόντια διάδοση του νερού. Και τα τρισδιάστατα μοντέλα (3D) τα οποία είναι τα πιο ακριβή, καθώς προσομοιώνουν τη ροή του νερού και στις τρεις διαστάσεις, λαμβάνοντας υπόψη την κατακόρυφη κίνηση και τη δυναμική του ρευστού. Χρησιμοποιούνται σε εξειδικευμένες μελέτες, αλλά απαιτούν τεράστια υπολογιστική ισχύ και πολύπλοκα δεδομένα εισόδου.

3.1.2 BLUE SPOT MODEL

3.1.2.1 MONTELO BLUESPOT

Το Blue Spot Model ανήκει στην κατηγορία των κατανεμημένων μοντέλων (distributed models), καθώς χρησιμοποιεί γεωχωρικά δεδομένα και υπολογίζει την πλημμυρική επικινδυνότητα σε διάφορες περιοχές μιας αστικής περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία, τη χρήση γης και άλλους παράγοντες. Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου περιλαμβάνουν την τοπική ανάλυση πλημμύρας, όπου εξετάζονται ξεχωριστά οι περιοχές για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας και την κατανομή του συσσωρευμένου νερού σε αυτές. Το BlueSpot συνδυάζει γεωχωρικά δεδομένα και υδρολογικές παραμέτρους για να παράγει χάρτες κινδύνου πλημμύρας σε αστικές περιοχές, καθιστώντας το κατάλληλο για την αξιολόγηση της αστικής πλημμύρας σε κλίμακα περιοχής και τον εντοπισμό «ευάλωτων σημείων» (blue spots).

Το μοντέλο χρησιμοποιεί χωρική ανάλυση σε επίπεδο 2D (δύο διαστάσεων). Η χωρική διάσταση του μοντέλου είναι συνήθως βασισμένη σε ψηφιακά μοντέλα εδάφους (Digital Elevation Models, DEM) και μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε κλίμακα, από μικρές περιοχές (π.χ. γειτονιές ή αστικές περιοχές) μέχρι μεγαλύτερες περιοχές, όπως πόλεις ή λεκάνες απορροής.

Η χωρική ανάλυση του μοντέλου επιτρέπει την παρακολούθηση και την εκτίμηση των πλημμυρικών κινδύνων σε δύο διαστάσεις (μήκος και πλάτος) και παρέχει μια ακριβή αναπαράσταση της κατανομής του νερού σε επίπεδο τοπίου. Οι περιοχές που ενδέχεται να πλημμυρίσουν προσδιορίζονται με βάση τη χωρική κατανομή των τοπογραφικών και υδρολογικών παραμέτρων. Αυτό επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς της πλημμύρας σε διαφορετικές περιοχές και τη λήψη μέτρων για την προστασία των πιο ευάλωτων περιοχών σε επίπεδο πόλης ή τοπικής κλίμακας.

3.1.2.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Δανική εφαρμογή: Η Δανική Διεύθυνση Οδών (DRD) ήταν η πρώτη που εφάρμοσε το μοντέλο Blue Spot. Ο κύριος στόχος ήταν ο εντοπισμός τμημάτων του εθνικού οδικού δικτύου της Δανίας που είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε αυξημένες βροχοπτώσεις. Το μοντέλο Blue Spot χρησιμοποιήθηκε όχι μόνο για τον εντοπισμό των υφιστάμενων ευπαθειών με βάση τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες, αλλά και για τον εντοπισμό νέων δυνητικών μπλε σημείων που μπορεί να εμφανιστούν στο μέλλον, σύμφωνα με τα σενάρια του IPCC. Έτσι, έγιναν υπολογισμοί και για τα έτη 2050 και 2100, με βάση τα σενάρια κλιματικής αλλαγής. (Danish Road Institute, 2010)

Σουηδική εφαρμογή: Η Σουηδική Διεύθυνση Μεταφορών χρησιμοποίησε τις γνώσεις που αποκτήθηκαν από το μοντέλο Blue Spot και πραγματοποίησε μια πιλοτική μελέτη για τον εντοπισμό των μπλε σημείων σε τμήματα του δικτύου TEN-T στη νότια Σουηδία που είναι ευάλωτα σε ακραίες ημερήσιες βροχοπτώσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές προβλέψεις για τις βροχοπτώσεις το 2100.

Ολλανδική εφαρμογή: Το Κέντρο Μεταφορών και Ναυσιπλοΐας ανέθεσε στην Deltares να εντοπίσει τα ευάλωτα σημεία πλημμύρας στο Ολλανδικό Εθνικό Δίκτυο Υποδομών.

Συνεργάστηκαν με το Δανικό Ινστιτούτο Οδικών Μεταφορών (DRI), το οποίο ήταν υπεύθυνο για το έργο SWAMP. Εκτός από τον εντοπισμό των μπλε σημείων, εκτιμήθηκε επίσης η πιθανότητα πλημμύρας (τόσο στο παρόν όσο και το 2050), (Climate-ADAPT, 2016).

3.1.2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα απαιτούμενα δεδομένα για την δημιουργία του μοντέλου είναι:

1. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM): είναι το πιο κρίσιμο δεδομένο, καθώς χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των χαμηλών σημείων (Blue Spots). Με ανάλυση 1μ. – 30μ. Όσο υψηλότερη ανάλυση έχει το αρχείο DTM τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι και τα αποτελέσματα. Για πολύ υψηλή ακρίβεια θα χρειαστούν δεδομένα LiDAR.
2. Αποτυπώματα κτιρίων (Building Footprints)
3. Δρόμοι
4. Σιδηρόδρομοι

Βασικό στοιχείο για την παραγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων κατά τη μοντελοποίηση των Bluespots είναι η χρήση μοντέλου εδάφους που έχει κατασκευαστεί από σημεία της επιφάνειας του εδάφους και δεν περιλαμβάνει την ανθρώπινη παρέμβαση στο χώρο όπως κτίρια και κάθε μορφής βλάστηση.

Στη μοντελοποίηση των blue spots, συνιστάται να χρησιμοποιείται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) που έχει κατασκευαστεί από σημεία εδάφους σε γυμνό έδαφος (και προαιρετικά με προσθήκη υψομέτρων κτιρίων) και όχι ένα ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (DSM) που περιλαμβάνει συνδυασμούς υψών βλάστησης και κτιρίων. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ένα αρχείο DSM (Ψηφιακού Μοντέλου Επιφάνειας) αντί για DTM, εντοπίζονται πολλά ψευδή σημεία συγκέντρωσης νερού (bluespots) ανάμεσα σε θόλους δέντρων ή μεταξύ θόλων δέντρων και κτιρίων. Όταν ανιχνευθούν, μπορεί να δημιουργηθούν τεράστιοι ανύπαρκτοι όγκοι συγκέντρωσης νερού και ψευδείς διαδρομές απορροής.

Επειδή η παραγωγή ενός Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DTM) υψηλής ανάλυσης είναι σημαντικά πιο δαπανηρή σε σύγκριση με ένα DSM, τα διαθέσιμα δημόσια δεδομένα αυτού του τύπου είναι περιορισμένα ως ανοιχτά γεωχωρικά δεδομένα. Ως αποτέλεσμα, τα διαθέσιμα αρχεία DTM που μπορούν να βρεθούν έχουν χαμηλότερη ανάλυση συνήθως αυτή των 30 μέτρων. Αν και λιγότερο ακριβές και πιθανώς με κάποια σφάλματα, μπορεί παρόλα αυτά να προσφέρει ενδιαφέρουσες γενικές εκτιμήσεις.

Ένας άλλος τρόπος απόκτησης ενός DTM είναι η δημιουργία ενός από σύνολα δεδομένων που παράγονται μέσω ενός συστήματος αισθητήρων lidar τοποθετημένου σε UAV (μη επανδρωμένο αεροσκάφος). Με το επεξεργασμένο DTM, η χρήση του στη μοντελοποίηση για τη δημιουργία των σημείων συγκέντρωσης νερού θα έχει μεγάλη ακρίβεια. Το DTM θα πρέπει να καλύπτει ολόκληρη τη λεκάνη απορροής ή τουλάχιστον ένα υποσύνολό της που δεν δέχεται εισροές από άλλες περιοχές.

Τέλος είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα πιο αξιόπιστα σενάρια απορροής υδάτων προκύπτουν από τη χρήση ενός υδρολογικά προσαρμοσμένου DTM, στο οποίο έχουν προστεθεί κτίρια ώστε να κατευθύνουν τη ροή του νερού γύρω από αυτά. Η υδρολογική προσαρμογή (hydrologic conditioning) είναι η διαδικασία τροποποίησης των τοπογραφικών δεδομένων σε ένα ακατέργαστο ή "γυμνό έδαφος" ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) μέσω διαφόρων βημάτων επεξεργασίας GIS, με στόχο την ακριβέστερη αποτύπωση της ροής του νερού στην τοπογραφία.

Η εκτέλεση του μοντέλου χωρίζεται σε 5 βήματα τα οποία είναι τα εξής:

Βήμα 1: Προσδιορισμός των Bluespots

Βήμα 2: Δημιουργία κόμβων

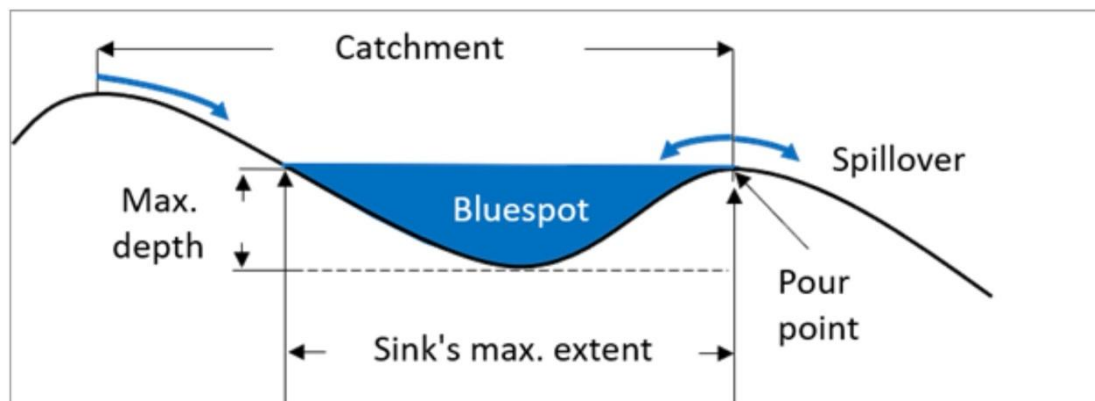
Βήμα 3: Προετοιμασία Πεδίων

Βήμα 4: Σημεία Υπερχείλισης

Βήμα 5: Σημεία συγκέντρωσης νερού

Ένα “bluespot” είναι μια τοπογραφική κοιλότητα, μεγάλη ή μικρή, όπου παγιδεύεται το νερό της βροχοπτώσης κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Η παρακάτω εικόνα δείχνει μια τομή μιας τοπικής λεκάνης απορροής bluespot, με την κατακρήμνιση να πέφτει στην επιφάνεια του εδάφους. Το bluespot αρχίζει να γεμίζει, και όταν φτάσει στη μέγιστη χωρητικότητά της, το νερό υπερχειλίζει στο λεγόμενο σημείο υπερχειλίσσης (pour point).

Εικόνα 3: Απεικόνιση Bluespot



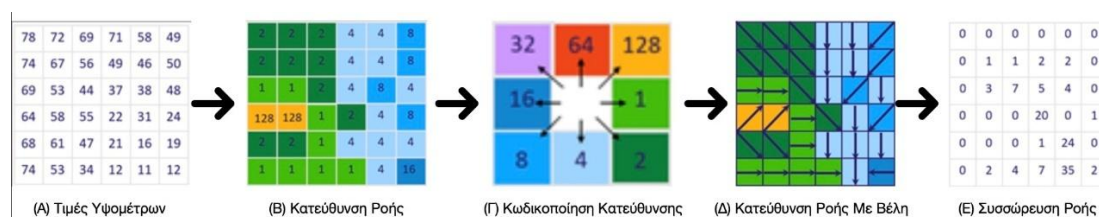
Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

Αρχικά, το μοντέλο ανιχνεύει όλα τα bluespots, ανεξάρτητα από το βάθος ή τον όγκο τους. Ωστόσο, για να αποκτήσουμε μια σαφέστερη εικόνα σχετικά με το πού παγιδεύεται το νερό της καταιγίδας και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα σε κτίρια και υποδομές, εισάγεται ένα φίλτρο που αποκλείει τις μικρότερες και ασήμαντες bluespots από τους υπολογισμούς. Αυτό το φίλτρο συνδυάζει κριτήρια βάθους και όγκου, ώστε να παραλείπονται σκόπιμα τα πολύ ρηχά bluespots με μικρούς όγκους, μειώνοντας έτσι τον υπολογιστικό φόρτο και περιορίζοντας τα αποτελέσματα. Με αυτόν τον τρόπο, αγνοούνται λακκούβες που σχηματίζονται κατά μήκος υποδομών ή σε γεωργικές εκτάσεις μεταξύ αυλακιών οργώματος, ενώ διατηρούνται οι βαθύτερες και μεγαλύτερου όγκου που εντοπίζονται σε άλλες περιοχές. Αυτό σημαίνει ότι ο συνολικός όγκος που αποθηκεύεται στα πολύ μικρά bluespots παραλείπεται από τους υπολογισμούς, καθώς η «χαμένη» χωρητικότητα τους μετατρέπεται σε επιφανειακή απορροή, η οποία μπορεί να υπόκειται σε ανάλυση σφάλματος. Ωστόσο, σε αυτό το πλαίσιο, θεωρείται βέλτιστη πρακτική να μην αναζητούμε bluespots που είναι πιο

ρηχές από την κατακόρυφη ακρίβεια του χρησιμοποιούμενου μοντέλου υψομέτρου. Όταν καθορίζονται οι κατευθύνσεις ροής, οι συσσωρεύσεις ροής αποτυπώνουν τον τρόπο με τον οποίο το νερό συγκεντρώνεται, σχηματίζοντας αρχικά μικρότερα ρεύματα, τα οποία στη συνέχεια ενώνονται και δημιουργούν μεγαλύτερα ποτάμια συστήματα.

Στην παρακάτω εικόνα, ένα Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DTM) που τα οι τιμές που λαμβάνουν τα Pixels είναι αυτές των υψομέτρων, (Α), εξετάζεται για να βρεθούν οι πιο απότομες κατευθύνσεις ροής (Β). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα κωδικοποίησης (Γ), οι κατευθύνσεις ροής γίνονται πιο σαφείς όταν απεικονίζονται ως βέλη (Δ). Οι αριθμοί συσσώρευσης ροής στο (Ε) υποδεικνύουν πόσες ανάντη κυψέλες συμβάλλουν στην απορροή προς μια συγκεκριμένη κυψέλη (Ε).

Εικόνα 4: Κατεύθυνση Ροής



Πηγή: *Model bluespots to map flood risk, ESRI*

Προσδιορισμός των Bluespots

Το μοντέλο ελέγχει κάθε σημείο του DTM για να προσδιορίσει τα bluespots. Αυτό γίνεται μέσω του υψομετρικού φίλτρου που συγκρίνει κάθε κελί του μοντέλου με τα γειτονικά του. Τα bluespots χαρακτηρίζονται από ότι το νερό δεν έχει φυσική έξοδο (δηλαδή περιβάλλεται από υψηλότερα σημεία) και ότι δεν υπάρχει συνεχής ροή προς τα κατάντη. Επίσης ένα μοναδικό ρεύμα μεταφέρει την υπερχειλίση από ένα bluespot όταν υπερχειλίζει.

Δημιουργία κόμβων

Σε αυτό το βήμα προετοιμάζεται το υδρολογικό δίκτυο ώστε να ιχνηλατήσει τη συσσωρευμένη υπερχειλίση προς τα κατάντη από τα σημεία ροής των bluespots,

ακολουθώντας τις ανιχνευμένες διαδρομές ροής και σχηματίζοντας τα παράγωγα υδάτινα ρεύματα. Για να επιτραπεί η ιχνηλάτηση, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί η τοπολογία του δικτύου, έτσι ώστε να καθοριστεί η συνδεσιμότητά του. Τα σημεία ροής ορίζουν τα σημεία εκκίνησης των ρευμάτων στο δίκτυο, αλλά είναι επίσης σημαντικό να προσδιοριστούν τα σημεία τερματισμού για όλα τα γραμμικά στοιχεία του ρεύματος. Εάν ένα ρεύμα ξεκινά από ένα pour point και καταλήγει απευθείας σε ένα άλλο bluespot πιο κάτω στην υδρολογική διαδρομή, τότε η γραμμή ροής τερματίζεται στο αντίστοιχο σημείο ροής, και όλα είναι σωστά. Ωστόσο, όταν δύο ρεύματα τέμνονται, πρέπει να δημιουργηθεί ένας νέος κόμβος στη συμβολή τους, ο οποίος θα αποτελεί μέρος του υδρολογικού δικτύου.

Προετοιμασία πεδίων

Αφού διαμορφωθεί το βασικό υδρολογικό δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει τα bluespots, τα pour points, τους κόμβους συμβολής και τα ρεύματα που τα συνδέουν, ο προσδιορισμός των αποτελεσμάτων για διάφορα σενάρια καταιγίδας για την περιοχή μελέτης είναι σχεδόν έτοιμος. Το μόνο που απομένει είναι να προκαθοριστεί μια σειρά από ομοιόμορφα γεγονότα βροχόπτωσης, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν στους επόμενους υπολογισμούς υπερχειλίσης. Το εργαλείο Prepare Spillover Fields προσθέτει επιπλέον πεδία για κάθε γεγονός βροχόπτωσης στην κλάση χαρακτηριστικών κόμβων, προκειμένου να παρακολουθεί τους εισερχόμενους και εξερχόμενους όγκους νερού για κάθε bluespot. Φυσικά, συνιστάται να δημιουργούνται ρεαλιστικά σενάρια καταιγίδας, προσαρμοσμένα στην περιοχή ενδιαφέροντος. Επομένως, αναλύονται σενάρια βροχοπτώσεων από 20 έως 100 mm, με διαβαθμίσεις των 10 mm, καθώς αυτά αποτυπώνουν ρεαλιστικά τόσο τις ετήσιες βροχοπτώσεις της περιοχής όσο και τα σπάνια ακραία φαινόμενα που εμφανίζονται περίπου μία φορά κάθε χίλια χρόνια.

Σημεία υπερχειλίσης

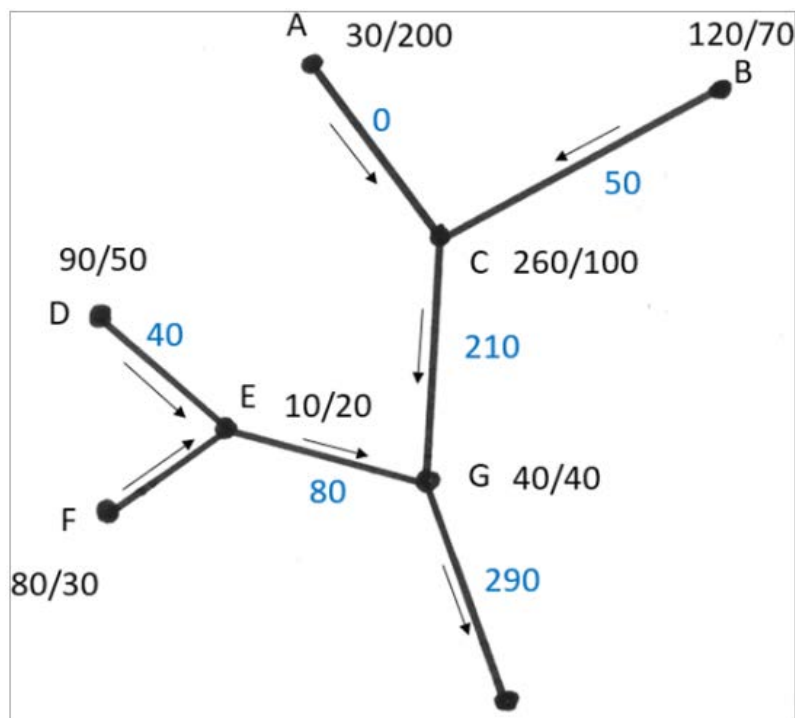
Το εργαλείο σεναρίων Spillover Batch υπολογίζει τη συσσωρευμένη υπερχειλίση προς τα κατάντη, από ένα bluespot στο επόμενο ή στα επόμενα bluespots που βρίσκονται πιο κάτω στη ροή. Φορτώνει την τοπολογία του υδρολογικού δικτύου, η οποία είναι αποθηκευμένη στο αρχείο NetworkXDict. Σύμφωνα με τη θεωρία των γραφημάτων,

αυτό το είδος δικτύου χαρακτηρίζεται ως κυκλικό κατευθυνόμενο γράφημα (acyclic directed graph). Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο είναι ιεραρχικά οργανωμένο, με μονόδρομη ροή προς τα κατάντη. Τέτοιου είδους δίκτυα δεν μπορούν να περιέχουν βρόγχους (loops). Επομένως, αν το εργαλείο επιστρέψει σφάλμα, μπορεί να οφείλεται σε ένα ρεύμα που διακλαδίζεται και στη συνέχεια επανενώνεται. Ως αποτέλεσμα, αυτή η μέθοδος ανάλυσης δεν είναι εφαρμόσιμη σε εντελώς επίπεδες περιοχές, όπως σε περιοχές τήξης παγετώνων ή και περιοχές με αναχώματα σε έλη όπου το ανάγλυφο δεν έχει σαφείς διαδρομές απορροής. Αυτός ο πίνακας περιλαμβάνει τέσσερα πεδία για κάθε συμβάν βροχής που εξετάζεται. Για κάθε ένα από αυτά, η ισορροπία του κάθε bluespot, υπολογισμένη βάσει των τιμών που είναι αποθηκευμένες στην κλάση χαρακτηριστικών των Nodes, μπορεί να προσδιοριστεί με την εξίσωση:

$$\text{SpillOverOut} = \text{SpillOverIn} + \text{RainVolume} - \text{Capacity}$$

Στην εικόνα παρουσιάζεται η τοπολογική διάταξη των ρευμάτων και των κόμβων. Τα bluespots αντιπροσωπεύονται από τους κόμβους A-G, ενώ τα ρεύματα εμφανίζονται ως μαύρες γραμμές που συνδέουν τους κόμβους και κατευθύνονται προς τα κατάντη. Για κάθε bluespot, οι τιμές xx/yy υποδεικνύουν τη χωρητικότητα του όγκου νερού, όπου:

- xx αντιπροσωπεύει τη συνολική συνεισφορά όγκου από την τοπική λεκάνη απορροής του bluespot.
- yy δείχνει τη μέγιστη χωρητικότητα του bluespot.

Εικόνα 5: Ροές και Κόμβοι

Πηγή: Model bluespots to map flood risk, ESRI

Ο κόμβος A αντιπροσωπεύει ένα bluespot με χωρητικότητα 200 μονάδες όγκου, αλλά η τοπική του λεκάνη απορροής συνεισφέρει μόνο 30 μονάδες. Επομένως, δεν παρατηρείται υπερχείλιση προς το bluespot στον κόμβο C. Αντίθετα, το bluespot στον κόμβο B διαθέτει χωρητικότητα 70 μονάδων, αλλά η τοπική του λεκάνη απορροής συμβάλλει με 120 μονάδες. Αυτό σημαίνει ότι 50 μονάδες υπερχείλισης μεταφέρονται προς τα κατάντη, δηλαδή στο bluespot του κόμβου C. Ο κόμβος C έχει χωρητικότητα 100 μονάδες, αλλά λαμβάνει 260 μονάδες από την τοπική του απορροή, προκαλώντας υπερχείλιση 160 μονάδων. Επιπλέον, προστίθενται 0 + 50 μονάδες από την υπερχείλιση των κόμβων A και B, με αποτέλεσμα η συνολική υπερχείλιση από τον κόμβο C προς τον κόμβο G να είναι $50 + 160 = 210$ μονάδες. Ωστόσο, ο υδατικός ισολογισμός για το bluespot στον κόμβο G δεν μπορεί να υπολογιστεί αμέσως, καθώς πρέπει πρώτα να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα υπερχείλισης από τους κόμβους D, E και F, πριν εξαχθεί το τελικό συμπέρασμα. Σύμφωνα με τη μέθοδο ταξινόμησης ροών του Strahler, οι ακμές AC, BC, DE και FE είναι ροές πρώτης τάξης. Όταν δύο ροές πρώτης τάξης συγχωνεύονται, σχηματίζουν ροή δεύτερης τάξης, όπως οι ακμές

CG, EG... Επομένως, το παρουσιαζόμενο δίκτυο αποτελεί ένα δίκτυο ροών τρίτης τάξης σύμφωνα με τον Strahler. Τα bluespots που εμφανίζονται στην αρχή του δικτύου ονομάζονται bluespots πρώτης τάξης.

Σημεία Συγκέντρωσης Νερού

Το τελικό βήμα της ανάλυσης αποτελεί μια επέκταση των προηγούμενων βημάτων, όπου ερευνούσατε το συμβάν βροχής κατά το οποίο το bluespot αρχίζει να υπερχειλίζει. Μετά τον υπολογισμό της συσσωρευμένης υπερχειλίσης προς τα κάτω, μπορείτε να αναζητήσετε το μικρότερο συμβάν βροχής που προκαλεί υπερχειλίση από ένα bluespot, εξετάζοντας τα πεδία SpillOverOutxxxxmm στον πίνακα χαρακτηριστικών των Nodes. Αυτό γίνεται αναζητώντας μια τιμή μεγαλύτερη από 0 και αποθηκεύοντας το αντίστοιχο συμβάν βροχής σε ένα νέο πεδίο με όνομα FilledEventmm. Εάν δεν παρατηρηθεί υπερχειλίση (αν ένα bluespot έχει μεγάλη χωρητικότητα που δεν γεμίζει στο πιο ακραίο συμβάν βροχής που εξετάστηκε), τότε ανατίθεται μια τιμή πεδίου -1.

Στη συνέχεια, τα bluespots αναπαρίστανται με βάση το συμβάν βροχής (20mm, 30mm κ.ο.κ.), κατά το οποίο ο εισερχόμενος όγκος νερού ξεπερνά τη χωρητικότητά τους. Το χρώμα που τους αποδίδεται αντιστοιχεί στο ύψος της βροχόπτωσης που προκαλεί την έναρξη της υπερχειλίσης. Αυτό υποδηλώνει επίσης ότι τα bluespots που υπερχειλίζουν έχουν φτάσει στη μέγιστη οριζόντια εξάπλωσή τους. Τα σημεία που εμφανίζονται με γκρι χρώμα διαθέτουν τόσο μεγάλη χωρητικότητα που δεν έχουν γεμίσει ακόμα και δεν πρόκειται να υπερχειλίσουν, ακόμη και στο πιο ακραίο σενάριο βροχόπτωσης που έχει εξεταστεί – σε αυτή την περίπτωση, το συμβάν των 100mm.

3.2 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗ ΦΥΣΗ (NATURE BASED SOLUTIONS)

Οι Λύσεις Βασισμένες στη φύση (Nature-Based Solutions - NBS) αποτελούν μια καινοτόμα και πολυδιάστατη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών προκλήσεων. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της συχνότητας και έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, οι πλημμύρες αποτελούν μια από τις σοβαρότερες απειλές για τις ανθρώπινες κοινότητες, ιδίως στις αστικές περιοχές. Οι NBS προσφέρουν μία

βιώσιμη και συχνά πιο αποδοτική εναλλακτική σε σχέση με τις παραδοσιακές γκρι υποδομές, δίνοντας έμφαση στην αποκατάσταση και ενίσχυση των φυσικών οικοσυστημάτων.

Οι Λύσεις με Βάση τη Φύση ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως "λύσεις που εμπνέονται και υποστηρίζονται από τη φύση, οι οποίες είναι οικονομικά αποδοτικές, παρέχουν περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη, και βοηθούν στην οικοδόμηση ανθεκτικότητας". Οι NBS αξιοποιούν τις λειτουργίες των φυσικών οικοσυστημάτων όπως η διήθηση του νερού από το έδαφος, η αποθήκευση και καθυστέρηση της απορροής, και η βιοποικιλότητα για να επιλύσουν προκλήσεις όπως η διαχείριση των υδάτων, η προστασία από πλημμύρες και η βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες NBS που συνδέονται με την αντιμετώπιση πλημμυρών. Η αστική πράσινη υποδομή περιλαμβάνει πάρκα, πράσινες στέγες, πράσινους τοίχους, αστικά δέντρα και φυτεύσεις, τα οποία απορροφούν την απορροή, μειώνουν την ταχύτητα του νερού και αυξάνουν τη διαπραγματευτική ικανότητα των επιφανειών. Οι φυσικές και ημι-φυσικές λεκάνες συγκράτησης νερού, όπως τεχνητές λίμνες και υγρότοποι, συγκρατούν νερό κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Η αποκατάσταση ποταμών και ρεμάτων, με την απομάκρυνση τεχνικών έργων και την επιστροφή στη φυσική κοίτη, επιτρέπει στο νερό να ρέει πιο φυσικά, με λιγότερη ταχύτητα και μεγαλύτερη διασπορά. Η αναδάσωση και η επαναφύτευση φυτοκάλυψης μειώνουν τη διάβρωση και τη ροή του επιφανειακού νερού σε αγροτικές και ορεινές περιοχές. Τέλος, οι διαπερατές επιφάνειες και τα Συστήματα Βιώσιμης Αστικής Αποστράγγισης (SuDS) επιτρέπουν στο νερό να απορροφάται από το έδαφος αντί να κατευθύνεται άμεσα σε αγωγούς.

3.2.1 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟΝ ΕΞΩΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ

Σε εξωαστικές και αγροτικές περιοχές, οι NBS διαδραματίζουν ρόλο υδρολογικών "φίλτρων" που επιβραδύνουν και φιλτράρουν τη ροή του νερού πριν φτάσει στις πόλεις. Μέσω αναδασώσεων, αποκατάστασης υγροτόπων και φυσικών αναχωμάτων, μειώνεται η ροή του νερού προς τα αστικά κέντρα. Παράλληλα, προστατεύουν τη γεωργική παραγωγή, καθώς οι πλημμύρες καταστρέφουν σοδειές και εδάφη, ενώ οι

NBS βοηθούν στη σταθεροποίηση των οικοσυστημάτων και τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Τα έργα εκτός του αστικού περιβάλλοντος έχουν ως στόχο τη μείωση του κινδύνου πλημμυρών στις κατάντη περιοχές, όπου κυριαρχούν δομημένες εκτάσεις. Η κεντρική ιδέα των παρεμβάσεων αυτών είναι η συγκράτηση και μείωση της έντασης των πλημμυρικών φαινομένων από την αρχή της εκδήλωσής τους, σε περιοχές με χαμηλότερο κίνδυνο. Έτσι, επιδιώκεται η μείωση της μέγιστης ροής των πλημμυρικών υδάτων, καθώς και η αύξηση του χρόνου που χρειάζεται το νερό για να συγκεντρωθεί στις λεκάνες απορροής.

Ένα βασικό στοιχείο για την αποτελεσματικότητα αυτών των έργων είναι η αποφυγή του συγχρονισμού των μεγάλων ροών από διαφορετικούς κλάδους του υδατορέματος, καθώς η ταυτόχρονη εκδήλωσή τους μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο πλημμυρών. Για τον λόγο αυτό, οι παρεμβάσεις εκτός αστικού ιστού δεν στοχεύουν στην ομοιόμορφη ρύθμιση του χρόνου συγκέντρωσης των υδάτων σε κάθε κλάδο, αλλά εντάσσονται στο γενικότερο αντιπλημμυρικό σχεδιασμό της περιοχής ή της λεκάνης απορροής. Αυτά τα έργα περιλαμβάνουν διαφορετικά είδη κατασκευών, που εκτός από τη ρύθμιση των πλημμυρικών ροών, έχουν και τον ρόλο της παγίδευσης και συγκράτησης μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλικών. Τα υλικά αυτά αποτελούν έναν επιπλέον κίνδυνο, καθώς μπορεί να φράξουν υποδομές και να εμποδίσουν τη φυσική ροή του νερού στις κατάντη περιοχές. Τέλος, οι κατασκευές αυτές συμβάλλουν στη διείσδυση μέρους των υδάτων στο υπέδαφος, ενισχύοντας έτσι τους υπόγειους υδροφορείς. Με αυτή τη διττή λειτουργία, μπορούν να χαρακτηριστούν ως κατασκευές πολλαπλού σκοπού, αφού παράλληλα με την αντιπλημμυρική προστασία, συμβάλλουν και στη διατήρηση των υδατικών πόρων της περιοχής. Συνήθως, οι δομημένες περιοχές διαθέτουν περιορισμένες υποδομές και μέτρα προστασίας, γεγονός που τις καθιστά πιο ευάλωτες στις πλημμύρες που προέρχονται από τις εξωτερικές λεκάνες απορροής. Τα έργα εκτός αστικού ιστού λειτουργούν είτε ως πρόσθετη ασπίδα προστασίας για τους πεδινούς οικισμούς είτε ως μέσα για τη μείωση της κλίμακας των απαιτούμενων αντιπλημμυρικών έργων μέσα στον αστικό χώρο. Παρόλα αυτά, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του συνολικού και ολοκληρωμένου αντιπλημμυρικού σχεδιασμού της περιοχής.

Πιθανά υδραυλικά έργα που χωροθετούνται εκτός του αστικού ιστού είναι, Μικρά φράγματα ελέγχου και ρύθμισης των πλημμυρικών ροών, τα οποία είναι κατασκευές

που τοποθετούνται κάθετα στη ροή των κύριων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, με στόχο τη μείωση της κλίσης τους. Αυτό προσφέρει πολλαπλά οφέλη στη διαχείριση των πλημμυρικών υδάτων. Η μείωση της κλίσης συνεπάγεται χαμηλότερες ταχύτητες ροής και καθυστέρηση στην εμφάνιση των υψηλών ροών στο κύριο υδατόρεμα. Επιπλέον, αυτά τα μικρά φράγματα λειτουργούν και ως παγίδες φερτών υλικών, συγκρατώντας σημαντικές ποσότητες από αυτά στη λεκάνη κατάκλυσής τους. Για να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα, τα φράγματα αυτά κατασκευάζονται σε ομάδες τριών ή περισσότερων, τοποθετημένα σε κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ τους, ώστε να επηρεάζουν ένα εκτεταμένο μήκος του υδατορέματος και να συμβάλλουν ουσιαστικά στη ρύθμιση της ροής. Οι κατασκευές αυτές είναι φιλικές προς το περιβάλλον, καθώς κατασκευάζονται από φυσικά υλικά, όπως πέτρες ή λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, διατηρώντας την αισθητική και τη φυσική ισορροπία του τοπίου.

Εικόνα 6: Πέτρινο φράγμα πλημμύρας

Πηγή: UCFR, 2025

Περιμετρικές τάφροι εκτός αστικού ιστού: είναι τεχνητές κατασκευές που έχουν σχεδιαστεί για τη διοχέτευση της απορροής και την προστασία των περιοχών από πλημμύρες. Τοποθετούνται περιμετρικά των οικισμών και των αγροτικών εκτάσεων, σχηματίζοντας ένα σύστημα απομάκρυνσης των πλημμυρικών νερών από τις ευάλωτες περιοχές. Αυτές οι τάφροι λειτουργούν ως κύριοι συλλεκτές, συγκεντρώνοντας τις επιφανειακές απορροές και κατευθύνοντάς τις προς φυσικά ρέματα ή τεχνητά κανάλια αποστράγγισης. Μέσω αυτής της διαδικασίας, μειώνεται ο κίνδυνος υπερχείλισης τοπικών υδατικών δικτύων, όπως τα συστήματα αποχέτευσης όμβριων των οικισμών, συμβάλλοντας παράλληλα στη διατήρηση της υδρολογικής ισορροπίας της περιοχής.

Εικόνα 7: Αντιπλημμυρική Τάφρος

Πηγή: Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2015

Δίοδοι ανακούφισης ή διώρυγες παράκαμψης: αποτελούν κρίσιμες υποδομές για την αντιμετώπιση των πλημμυρών, διασφαλίζοντας την προστασία των ανθρώπων, των περιουσιών και του φυσικού περιβάλλοντος. Ως προληπτικό και διαχειριστικό μέτρο, οι διώρυγες παράκαμψης συμβάλλουν στην ενίσχυση της κλιματικής ανθεκτικότητας των πόλεων και προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη. Ανάλογα με τη μορφή τους, διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις φυσικές και τις τεχνητές διώρυγες παράκαμψης.

Εικόνα 8: Τεχνητά αποστραγγιστικά κανάλια

Πηγή: UCFR, 2025

Παγίδες φερτών: είναι σημαντικές κατασκευές, ιδιαίτερα σε περιοχές εκτός του αστικού ιστού που είναι ευάλωτες σε πλημμυρικά και διαβρωτικά φαινόμενα. Ο ρόλος τους είναι διττός: αφενός, προστατεύουν και διασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία των υδραυλικών υποδομών, και αφετέρου, συμβάλλουν στη διατήρηση των υδατικών πόρων, στη βελτίωση της ποιότητας του νερού και στην προστασία των φυσικών οικοσυστημάτων.

Η βασική τους λειτουργία είναι η συγκράτηση και η καθίζηση των φερτών υλικών που μεταφέρονται από τη ροή του νερού. Αυτό οδηγεί στη βελτίωση της απόδοσης των υδραυλικών έργων και στη μείωση του κινδύνου πλημμυρικών φαινομένων, καθώς αποτρέπεται η συσσώρευση υλικών που θα μπορούσαν να εμποδίσουν τη ροή. Επιπλέον, οι παγίδες φερτών προστατεύουν τις υδραυλικές κατασκευές από φθορές και αποφράξεις που προκαλεί η συγκέντρωση ιζημάτων.

Δύο βασικοί τύποι παγίδων φερτών είναι:

1. Λιθόρριπτα φράγματα: Αυτά κατασκευάζονται από ομοιόμορφου μεγέθους λίθους και διαθέτουν ένα φίλτρο στην ανάντη πλευρά, το οποίο αποτελείται από μία ή περισσότερες στρώσεις γεωυφάσματος ή αδρανούς υλικού. Η κατάντη όψη του φράγματος λειτουργεί συνήθως ως υπερχειλιστής, διευκολύνοντας τη ροή του νερού.
2. Πασσαλόφραγματα συγκράτησης φερτών: Πρόκειται για κατασκευές από συρματοπλέγμα, ενισχυμένες με ομοιόμορφου μεγέθους πέτρες ή βράχους. Όπως και στα λιθόρριπτα φράγματα, διαθέτουν φίλτρο στην ανάντη πλευρά, αποτελούμενο από γεωύφασμα ή άλλες στρώσεις φιλτραρίσματος, που συμβάλλουν στη συγκράτηση των φερτών υλικών.

Αυτές οι υποδομές παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαχείριση της ροής των υδάτων και στη μείωση των επιπτώσεων των πλημμυρών και της διάβρωσης στις ευάλωτες περιοχές.

Εικόνα 9: Φράγμα συγκράτησης φερτών

Πηγή: UCFR, 2025

3.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ

Τα πλημμυρικά φαινόμενα στον αστικό ιστό οφείλονται είτε σε υπερχείλιση υδατορεμάτων από τη λεκάνη απορροής (fluvial flood) είτε σε έντονες βροχοπτώσεις και ανεπαρκή αποχέτευση (pluvial flood). Η εκτίμηση του κινδύνου διαφέρει ανάλογα με τη θέση του οικισμού, την κάλυψη με αδιαπέρατα υλικά και τις τοπικές κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, καθιστώντας δύσκολη τη θεσμοθέτηση γενικών κανονισμών. Γι' αυτό, στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται σύγχρονα, συμπληρωματικά έργα που μειώνουν την τρωτότητα και ενισχύουν την ανθεκτικότητα του δομημένου περιβάλλοντος στις πλημμύρες. Είναι σαφές ότι τα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης όμβριων υδάτων, πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε δυσμενέστερες συνθήκες από εκείνες του παρελθόντος. Αυτές οι συνθήκες οφείλονται τόσο στην αυξημένη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων όσο και στην εντεινόμενη αστικοποίηση. Η τελευταία οδηγεί σε αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών, γεγονός

που επιφέρει μεγαλύτερο κίνδυνο πλημμυρών, αυξημένους όγκους επιφανειακής απορροής όμβριων υδάτων και επιτάχυνση της διάβρωσης των εδαφών.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα φυσικά συστήματα διαχείρισης πλημμυρών αναγνωρίζονται ως βιώσιμες πρακτικές για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής, για τα συστήματα που εφαρμόζονται εντός του αστικού ιστού, υιοθετήθηκε ο όρος «Πράσινες Υποδομές» (GI).

Η πράσινη υποδομή (Green infrastructure) χρησιμοποιεί διήθηση, απορρόφηση και διαπνοή για να επεξεργάζεται και να απορροφά το νερό της βροχής στο σημείο όπου πέφτει. Μειώνει τον όγκο των όμβριων υδάτων και αναβαθμίζει την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων, ενώ παράλληλα προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά οφέλη συμβάλλοντας στη βελτίωση της ποιότητας ζωής της πόλης. Όροι όπως λύσεις που βασίζονται στη φύση (Nature Based Solutions), πράσινες υποδομές διαχείρισης όμβριων υδάτων (Green Stormwater Management) και ανάπτυξη χαμηλού αντίκτυπου (Low Impact Development), χρησιμοποιούνται επίσης για να περιγράψουν τις εγκαταστάσεις πράσινης υποδομής, με αλληλοεπικαλύψεις μεταξύ αυτών των εννοιών.

Όταν τα συστήματα πράσινης υποδομής σχεδιάζονται προσεκτικά ώστε να ταιριάζουν με τις τοπικές ή περιφερειακές ανάγκες της κοινότητας και του περιβάλλοντος, μπορούν να προσφέρουν καθαρότερο αέρα και νερό, να προστατεύσουν από πλημμύρες και ακραία θερμικά φαινόμενα, να δημιουργήσουν ποικίλους βιότοπους και να διαμορφώσουν πράσινους χώρους για όλους. (EPA, 2025)

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου πράσινης υποδομής για μια συγκεκριμένη τοποθεσία μέσα σε ένα πολύπλοκο αστικό υδρολογικό σύστημα μπορεί να αποτελεί πρόκληση για τους σχεδιαστές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων. Οι αστικές εγκαταστάσεις μεταβάλλουν τους φυσικούς κύκλους του νερού και μπορεί να παρουσιάσουν σημαντικές προκλήσεις για τη βιωσιμότητα και την ανθρώπινη υγεία. Καθώς οι αστικοί οικισμοί αντικαθιστούν ένα μέρος της φυσικής κάλυψης μιας λεκάνης απορροής με αδιαπέραστη επιφάνεια, μειώνουν την επιτόπια διήθηση και αυξάνουν την απορροή των όμβριων υδάτων, η οποία μεταφέρει ρύπους σε κοντινά επιφανειακά

ύδατα. Ένα αστικό υδάτινο σύστημα μπορεί να αποτελείται από συστήματα πόσιμου νερού, λυμάτων και διαχείρισης όμβριων υδάτων. (Goonetilleke, et al., 2005)

Οι πράσινες υποδομές κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- ο **Λίμνες συγκράτησης:** συγκρατούν την απορροή, μειώνουν τις μέγιστες ροές και είναι πάντα γεμάτες με νερό, αν και ο όγκος τους μεταβάλλεται με τις βροχοπτώσεις.
- ο **Τεχνητοί υγρότοποι:** μηχανικά σχεδιασμένα συστήματα που κατευθύνουν την απορροή μέσα από μια βλάστηση, απομακρύνοντας ρύπους μέσω του εδάφους, της βλάστησης ή της ενσωματωμένης βακτηριακής κοινότητας.
- ο **Λίμνες καθυστέρησης:** συγκρατούν την απορροή κατά τη διάρκεια καταιγίδων και την αποδεσμεύουν σταδιακά στο περιβάλλον μέχρι να αδειάσουν.
- ο **Κήποι βροχής:** ρηχές, φυτεμένες λεκάνες, που συνήθως εγκαθίστανται δίπλα σε αδιαπέραστες επιφάνειες (όπως δρόμοι και πεζοδρόμια) και επιτρέπουν τη διήθηση της απορροής.
- ο **Βιοδιώρυγες:** βρίσκονται κατά μήκος μεγάλων αδιαπέραστων περιοχών (όπως δρόμοι ή χώροι στάθμευσης), έχουν επιμηκυμένο σχήμα, βαθύτερη κοιλάδα για την επιβράδυνση και φιλτράρισμα μεγαλύτερου όγκου απορροής και συχνά περιέχουν ειδικά σχεδιασμένα εδάφη.
- ο **Πράσινες στέγες:** στέγες με βλάστηση ή συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων που επιτρέπουν τη διήθηση της απορροής, μειώνοντας τη συνολική απορροή από αδιαπέραστες επιφάνειες.

3.2.2.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

Οι πράσινες υποδομές απαιτούν προσεκτική τοποθέτηση εντός του αστικού υδάτινου δικτύου για την αποφυγή αποτυχίας. Ως αποτυχία ορίζεται η απώλεια λειτουργικότητας όταν: το σύστημα δεν μπορεί να διαχειριστεί τον όγκο απορροής, τα φυτά ξεπλένονται λόγω υψηλών ροών και όταν τα φυτά δεν αντέχουν σε υψηλά

επίπεδα ρύπανσης. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου πράσινης υποδομής για μια συγκεκριμένη τοποθεσία μπορεί να οργανωθεί σε επίπεδα: από τη γενική λεκάνη απορροής, στο ενδιάμεσο επίπεδο του αστικού υδάτινου συστήματος και, τέλος, σε λεπτομερείς παράγοντες που αφορούν τις γειτονικές χρήσεις γης. Αυτή η ιεραρχική προσέγγιση διασφαλίζει ότι η αποτελεσματικότητα του συστήματος εκτείνεται πέρα από το συγκεκριμένο σημείο εγκατάστασης, συμβάλλοντας στη μείωση της απορροής στο ήδη επιβαρυνμένο αστικό δίκτυο σωληνώσεων και στη συνολική βελτίωση της ποιότητας των υδάτων στη λεκάνη απορροής.

3.2.2.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΣΤΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Οι λεκάνες απορροής, γνωστές και ως υδρολογικές λεκάνες ή λεκάνες αποστράγγισης, ορίζονται ως οι περιοχές γης που αποστραγγίζουν το νερό προς έναν συγκεκριμένο ποταμό, ρεύμα ή λίμνη. Τα όριά τους προσδιορίζονται χαράσσοντας μια γραμμή κατά μήκος των υψηλότερων υψομετρικών σημείων μεταξύ δύο περιοχών σε έναν χάρτη, συχνά σε μια κορυφογραμμή. Οι λεκάνες απορροής είναι πολύπλοκα συστήματα που συνδυάζουν φυσικές ιδιότητες με δυναμικές διεργασίες. Στις σημαντικές φυσικές ιδιότητες περιλαμβάνονται η τοπογραφία, η γεωλογία, το κλίμα και η κάλυψη γης. Στις δυναμικές διεργασίες περιλαμβάνονται η βροχόπτωση, η ροή υδάτων, οι αλληλεπιδράσεις των υπόγειων υδάτων και τα καθεστώτα υγρασίας του εδάφους. Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας, δεν υπάρχει ένα ενιαίο σύστημα κατηγοριοποίησης που να χρησιμοποιείται σε όλες τις επιστήμες.

Από τη δεκαετία του 1990, αυξήθηκαν οι πρωτοβουλίες σχεδιασμού λεκάνης απορροής, καθώς αναγνωρίζεται ότι τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα είναι επίσης κοινωνικό-οικολογικά συστήματα που επηρεάζονται από τον περιβαλλοντικό σχεδιασμό, τις πολιτικές και τις πρακτικές διαχείρισης. Για την τοποθέτηση πράσινων υποδομών (GI) με σκοπό τη διαχείριση των όμβριων υδάτων, οι αποφάσεις μας ξεκινούν από το ευρύτερο επίπεδο της λεκάνης απορροής, λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα, το ανάγλυφο, τη θέση εντός της λεκάνης και το ποσοστό αδιαπέραστων επιφανειών.

Το κλίμα είναι σημαντικός παράγοντας, καθώς επηρεάζει τον όγκο, τη διάρκεια και την ένταση των βροχοπτώσεων μέσα στη λεκάνη απορροής. Οι εγκαταστάσεις πράσινων

υποδομών πρέπει να έχουν την ικανότητα και τα χαρακτηριστικά ροής που απαιτούνται για να διαχειριστούν την απορροή που προκύπτει από περιφερειακές βροχοπτώσεις. Η θερμοκρασία επηρεάζει επίσης τις αποφάσεις σχετικά με τις πράσινες υποδομές, καθώς συνδέεται με την επιλογή ειδών βλάστησης και την ανάπτυξή τους. Εάν μια λεκάνη απορροής παρουσιάζει ακραίες θερμοκρασίες, τα φυτά στις εγκαταστάσεις πράσινων υποδομών πρέπει να είναι ανθεκτικά σε ταχεία ανάπτυξη ή να προσαρμόζονται σε έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Το ανάγλυφο (ή τοπογραφία ή κλίση του εδάφους) αποτελεί επίσης κρίσιμο παράγοντα. Σε περιοχές με έντονες κλίσεις, η απορροή κινείται ταχύτερα, μειώνοντας τη δυνατότητα διήθησης, ενώ τα εδάφη σε αυτές τις περιοχές τείνουν να είναι πιο ρηχά, μειώνοντας περαιτέρω τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού. Αντίθετα, οι λιγότερο απότομες λεκάνες απορροής εμφανίζουν χαμηλότερες ταχύτητες απορροής, μεγαλύτερη διήθηση και βαθύτερα εδάφη, γεγονός που ενισχύει την αποθήκευση νερού. Οι περισσότερες πράσινες υποδομές που βασίζονται στη βλάστηση έχουν σχεδιαστεί για να παρεμποδίζουν την απορροή επιφανειακού νερού. Σε έντονες κλίσεις, όμως, ο μεγάλος όγκος και η υψηλή ταχύτητα της απορροής μπορούν να υπερφορτώσουν το σύστημα και να οδηγήσουν σε διάβρωση του εδάφους. Σε γενικές γραμμές, η κλίση του εδάφους για πράσινες υποδομές που βασίζονται στη βλάστηση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12%. Εάν η κλίση είναι μεγαλύτερη, απαιτείται χωματουργική διαμόρφωση του εδάφους για τη μείωσή της. Σε πιο επίπεδες περιοχές, ο μεγαλύτερος χρόνος κατακράτησης του νερού βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών ελέγχου της ρύπανσης. (Snelder, T. H., & Biggs, B. J. F. ,2003)

Η θέση εντός της λεκάνης απορροής είναι επίσης σημαντικός παράγοντας. Ο Marsh προτείνει τη διαίρεση μιας λεκάνης ή υπολεκάνης απορροής σε τρεις κύριες υδρολογικές ζώνες:

1. **Ζώνη συμβολής** (contributing zone): Η πιο απομακρυσμένη περιοχή από το σημείο συλλογής νερού, συνήθως η μεγαλύτερη ζώνη. Δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων και παράγει τρεις τύπους απορροής: επιφανειακή ροή, ενδορροή (πλευρική μετακίνηση νερού στο έδαφος προς τα υδάτινα ρεύματα) και υπόγεια νερά. Ιδανικά, η διαχείριση των όμβριων υδάτων πρέπει να ξεκινά από αυτή τη ζώνη, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος πλημμυρών στις κατώτερες περιοχές.

2. **Ζώνη συλλογής** (collection zone): Βρίσκεται μεταξύ της ζώνης συμβολής και της ζώνης μεταφοράς. Εδώ εμφανίζονται αυξημένα προβλήματα πλημμυρών, καθώς μπορεί να συμβεί κορεσμός του υπόγειου νερού και να δημιουργηθούν συγκεντρώσεις όμβριων υδάτων. Είναι γενικά μια καλή τοποθεσία για μικρής κλίμακας συστήματα διαχείρισης όμβριων υδάτων, τόσο για τη βελτίωση της ποιότητας όσο και για τη μείωση της ποσότητας των υδάτων.
3. **Ζώνη μεταφοράς** (conveyance zone): Το χαμηλότερο τμήμα της λεκάνης απορροής, όπου η απορροή έχει τον μεγαλύτερο όγκο και τη χειρότερη ποιότητα. Η μείωση του όγκου της απορροής μέσω πράσινων υποδομών είναι δύσκολη σε αυτή τη ζώνη, λόγω της υψηλής ταχύτητας ροής και της πιθανής εγγύτητας του υδροφόρου ορίζοντα στην επιφάνεια.

3.2.2.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

Η τελική φάση της καθοδήγησης για την εγκατάσταση πράσινων υποδομών (GI) στο πλαίσιο της διαχείρισης όμβριων υδάτων αφορά τη μεμονωμένη τοποθεσία. Σε αυτό το επίπεδο, είναι σημαντικό να εξετάζονται ο τύπος του εδάφους και οι γειτονικές χρήσεις γης, οι οποίες μπορεί να συμβάλλουν στη ρύπανση μέσω απορροής (με την κλίση του εδάφους να παίζει κρίσιμο ρόλο στον εντοπισμό πιθανών πηγών ρύπων).

Η σύσταση του εδάφους επηρεάζει την ικανότητά του να αποστραγγίζει το νερό. Τα εδάφη αποτελούνται από μείγμα άμμου, ιλύος και αργίλου, με την αναλογία αυτών των στοιχείων να καθορίζει την πυκνότητα και τη διαπερατότητα του εδάφους. Για πράσινες υποδομές, ιδανικά είναι τα εδάφη με καλή αποστράγγιση, όπως τα αμμώδη ή αμμοπηλώδη εδάφη με περιορισμένη περιεκτικότητα σε άργιλο, καθώς επιτρέπουν την απορρόφηση του νερού και την ανατροφοδότηση των υπόγειων υδροφορέων, μειώνοντας τις επιφανειακές ροές που οδηγούν σε αστικές πλημμύρες.

Ωστόσο, η ακριβής εκτίμηση του τύπου των αστικών εδαφών είναι συχνά δύσκολη λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης, όπως η ανάμιξη, η απομάκρυνση και η αντικατάσταση εδαφικών στρωμάτων. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα αστικά εδάφη μπορεί να διαφέρουν λειτουργικά από τα φυσικά εδάφη και συχνά δεν έχουν διακριτές

εδαφικές ζώνες. Επομένως, συνιστάται η λήψη δειγμάτων εδάφους και η τοπική εργαστηριακή ανάλυσή τους πριν από την εγκατάσταση πράσινων υποδομών.

Η απορροή των όμβριων υδάτων μεταφέρει ρύπους από τις επιφάνειες που διασχίζει πριν καταλήξει σε ποτάμια, λίμνες ή άλλες υδάτινες δεξαμενές. Αυτοί οι ρύποι μπορεί να επηρεάσουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ανάλογα με τον τύπο και τη συγκέντρωσή τους.

3.3 ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ NBS ΣΤΟΝ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Η εφαρμογή των Nature-Based Solutions (NBS) έχει γνωρίσει ευρεία διάδοση διεθνώς, με πόλεις να υιοθετούν καινοτόμες στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή και βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Οι ακόλουθες περιπτώσεις αποτελούν ενδεικτικά παραδείγματα επιτυχούς ενσωμάτωσης NBS στον πολεοδομικό σχεδιασμό:

3.3.1 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΩΝ ΤΗΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ

Η Κοπεγχάγη, συγκαταλέγεται μεταξύ των ευρωπαϊκών πόλεων που έχουν υιοθετήσει μια συστηματική και καινοτόμο προσέγγιση για την αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής, και ιδιαίτερα της αυξανόμενης συχνότητας και έντασης των ακραίων βροχοπτώσεων. Αφορμή για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου αποτέλεσε η καταστροφική καταιγίδα του 2011, η οποία προκάλεσε ζημιές ύψους περίπου 6 δισεκατομμυρίων δανέζικων κορωνών (DKK), αποκαλύπτοντας τις σοβαρές αδυναμίες του αποχετευτικού και αντιπλημμυρικού συστήματος της πόλης (European Environment Agency, 2016). Το 2012, οι αρχές της Κοπεγχάγης παρουσίασαν το «Σχέδιο Διαχείρισης Καταιγίδων» (Cloudburst Management Plan), μια φιλόδοξη στρατηγική που συνδυάζει τεχνικές υποδομές με λύσεις βασισμένες στη φύση (Nature-Based Solutions), με σκοπό την αύξηση της ανθεκτικότητας της πόλης στις πλημμύρες. Το σχέδιο βασίζεται στις κλιματικές προβλέψεις για τη Δανία, οι οποίες εκτιμούν αύξηση των χειμερινών βροχοπτώσεων κατά 25% έως 55% έως το 2100, με ταυτόχρονη μείωση των καλοκαιρινών κατά 0% έως 40%. Παράλληλα, προβλέπεται σημαντική αύξηση στην ένταση των ακραίων βροχοπτώσεων, η οποία μπορεί να φτάσει το 50% (European Environment Agency, 2016). Το υπάρχον δίκτυο

αποχέτευσης της πόλης δεν έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται σε τέτοιες συνθήκες, καθιστώντας αναγκαία μια προσέγγιση που να υπερβαίνει τα παραδοσιακά μηχανικά έργα.

Το Σχέδιο Διαχείρισης Καταιγίδων της Κοπεγχάγης δεν περιορίζεται στην υπόγεια διαχείριση των ομβρίων, αλλά αξιοποιεί την επιφάνεια της πόλης ως λειτουργική υποδομή για την προσωρινή αποθήκευση και καθοδήγηση του νερού. Το σχέδιο περιλαμβάνει περίπου 300 έργα τα οποία προβλέπεται να ολοκληρωθούν σε διάστημα δύο δεκαετιών, με προτεραιότητα σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο πλημμύρας (State of Green, 2021). Στην πράξη, αυτό σημαίνει την αναμόρφωση δρόμων ώστε να λειτουργούν ως κανάλια απορροής σε περιπτώσεις έντονης βροχόπτωσης, την κατασκευή πάρκων και δημόσιων χώρων που μπορούν να πλημμυρίζουν ελεγχόμενα, καθώς και τη δημιουργία πράσινων υποδομών που ενισχύουν την απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Ενδεικτικά, το πάρκο Engshaveparken μετατράπηκε σε έναν χώρο ικανό να συγκρατεί 22.000 κυβικά μέτρα νερού σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, λειτουργώντας παράλληλα ως χώρος αναψυχής σε καθημερινή χρήση (C40 Cities, 2016).

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του σχεδίου είναι η εκτενής οικονομική αξιολόγηση των διαθέσιμων επιλογών. Η ανάλυση κόστους-οφέλους έδειξε ότι η επιλογή κατασκευής αποκλειστικά υπόγειων υποδομών θα είχε κόστος περίπου 20 δισεκατομμύρια DKK, με αρνητική καθαρή αξία λόγω των υψηλών κατασκευαστικών και συντηρητικών δαπανών. Αντίθετα, η συνδυασμένη προσέγγιση, η οποία περιλαμβάνει τόσο επιφανειακές όσο και υπόγειες λύσεις, έχει εκτιμώμενο κόστος 13 δισεκατομμυρίων DKK και καθαρό όφελος της τάξης των 3 έως 5 δισεκατομμυρίων DKK, λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση των ζημιών από μελλοντικές πλημμύρες, τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την αναβάθμιση του δημόσιου χώρου (European Environment Agency, 2016). Συγκεκριμένα, η αύξηση της αξίας των ακινήτων σε περιοχές με υλοποιημένα έργα, καθώς και η δημιουργία περίπου 15.000 νέων θέσεων εργασίας κατά την περίοδο εφαρμογής του σχεδίου, αποτελούν σημαντικούς κοινωνικοοικονομικούς συντελεστές που προσμετρώνται στα οφέλη. Η εφαρμογή του σχεδίου επέφερε και θεσμικές αλλαγές. Οι αρχές της Κοπεγχάγης, σε συνεργασία με την κυβέρνηση, προώθησαν αναθεωρήσεις του νομικού πλαισίου ώστε να επιτρέπεται η χρηματοδότηση πολυλειτουργικών υποδομών από δημόσιες και

ημιδημόσιες επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης. Επιπλέον, κρίσιμης σημασίας ήταν η συμμετοχή των πολιτών και η δημιουργία ενός πλαισίου διαβούλευσης και κοινωνικής αποδοχής. Η επιτυχία του σχεδίου βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ενεργό εμπλοκή των τοπικών κοινοτήτων, όχι μόνο στη φάση σχεδιασμού αλλά και στην υλοποίηση, επιτυγχάνοντας έτσι μια συλλογική προσέγγιση για την ενίσχυση της αστικής ανθεκτικότητας.

Συνολικά, το Σχέδιο Διαχείρισης Καταιγίδων της Κοπεγχάγης αποτελεί διεθνές πρότυπο βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων εντός του αστικού ιστού, επιδεικνύοντας πώς η καινοτομία, η συνεργασία και η μακροπρόθεσμη στρατηγική μπορούν να μετατρέψουν τις κλιματικές απειλές σε ευκαιρίες για οικολογική και κοινωνική αναγέννηση του αστικού περιβάλλοντος.

3.3.2 WATERSQUARE BENTHEMPLEIN, ΟΛΛΑΝΔΙΑ

Το έργο Watersquare Benthemplein στο Ρότερνταμ της Ολλανδίας, το οποίο ολοκληρώθηκε το 2013 από το αρχιτεκτονικό γραφείο De Urbanisten, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ενσωμάτωσης των Nature-Based Solutions (NBS) στον πολεοδομικό σχεδιασμό με τρόπο καινοτόμο και πολυλειτουργικό. Σε μια πόλη όπως το Ρότερνταμ, όπου η απειλή πλημμυρών αυξάνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής και της αστικής πυκνότητας, η ανάγκη για απορρόφηση και διαχείριση του νερού με φυσικό και βιώσιμο τρόπο οδήγησε στην υλοποίηση μιας λύσης που συνδυάζει υδρολογική αποτελεσματικότητα και αστική αναζωογόνηση.

Η Watersquare αποτελεί έναν δημόσιο χώρο σχεδιασμένο έτσι ώστε να λειτουργεί ως πολυχρηστικός χώρος αναψυχής σε συνθήκες ξηρασίας και ως προσωρινή δεξαμενή συγκράτησης όμβριων υδάτων κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Οι ειδικά διαμορφωμένες λεκάνες που βρίσκονται εντός της πλατείας είναι επενδυμένες με υλικά χαμηλής ανακλαστικότητας και σχεδιάστηκαν για να γεμίζουν φυσικά με νερό μέσω συστημάτων συλλογής από τις γύρω στέγες και επιφάνειες, χωρίς σύνδεση με το συμβατικό αποχετευτικό δίκτυο. Αυτή η πρακτική συνιστά μια ξεκάθαρη εφαρμογή των NBS, καθώς αξιοποιεί φυσικές ροές και μηχανισμούς για την προσαρμογή στις πλημμύρες, χωρίς ενεργοβόρα ή επιβλαβή για το περιβάλλον τεχνολογικά μέσα.

Η πολυλειτουργικότητα του χώρου δεν περιορίζεται στη διαχείριση υδάτων: κατά τις περιόδους χωρίς βροχοπτώσεις, οι λεκάνες μετατρέπονται σε χώρους παιχνιδιού, άθλησης και πολιτιστικής δραστηριότητας, εξυπηρετώντας διαφορετικές ηλικιακές και κοινωνικές ομάδες. Παράλληλα, η φύτευση φυτών ανθεκτικών στην υγρασία συμβάλλει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και ενισχύει τη βιοποικιλότητα, καθιστώντας τον χώρο έναν 'οικολογικό κόμβο' εντός του αστικού ιστού. Επιπλέον, η δυνατότητα παρατήρησης των φυσικών διαδικασιών συλλογής και αποθήκευσης του νερού ενισχύει τη σύνδεση των κατοίκων με το τοπικό οικοσύστημα, εκπαιδεύοντας παράλληλα και τις επόμενες γενιές.

Το Watersquare Bentemplein ενσωματώνει βασικές αρχές των NBS: διαχείριση των φυσικών πόρων με βάση το οικοσύστημα, ενίσχυση της ανθεκτικότητας της πόλης, βελτίωση της ποιότητας ζωής και ενεργή συμμετοχή της κοινότητας. Αποτελεί παράδειγμα του πώς η φαντασία και η συνεργασία μεταξύ πολεοδόμων, υδραυλικών μηχανικών, αρχιτεκτόνων τοπίου και πολιτών μπορούν να μετατρέψουν έναν συνηθισμένο και υποβαθμισμένο δημόσιο χώρο σε ένα εμβληματικό παράδειγμα πράσινης υποδομής. Αναγνωρισμένο διεθνώς, το έργο ενισχύει τη θέση του Ρότερνταμ ως πρωτοπόρου πόλης στην υιοθέτηση λύσεων που προάγουν τη βιωσιμότητα και την καινοτομία στον πολεοδομικό σχεδιασμό.

3.4 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Η αστικοποίηση οδηγεί σε αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών μέσα στις λεκάνες απορροής, γεγονός που επηρεάζει σημαντικά τη φυσική ροή και απορρόφηση των όμβριων υδάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι Φυσικές Λύσεις με Βάση τη Φύση (Nature-Based Solutions - NBS) αναδεικνύονται ως μια πολυδιάστατη απάντηση στο πρόβλημα της απορροής και των πλημμυρών. Πέρα από την αντιπλημμυρική τους λειτουργία, οι NBS παρέχουν πληθώρα πρόσθετων ωφελειών: προάγουν τη βιοποικιλότητα μέσω της δημιουργίας νέων βιοτόπων και της ενίσχυσης της οικολογικής συνδεσιμότητας, ενώ ταυτόχρονα αυξάνουν την ανθεκτικότητα των περιοχών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, βοηθώντας τις να προσαρμοστούν σε μεταβαλλόμενες θερμικές και υδρολογικές συνθήκες.

Παράλληλα, οι NBS συμβάλλουν θετικά στην κοινωνική και οικονομική ευημερία, ενισχύοντας την υγεία των πολιτών, προσφέροντας ευκαιρίες απασχόλησης και προωθώντας την κοινωνική συνοχή. Αν και η αποδοτικότητα των πράσινων υποδομών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κλίμακα και τον τρόπο υλοποίησής τους, το βασικό τους πλεονέκτημα είναι η ικανότητά τους να συγκρατούν, να διηθούν και να φιλτράρουν τα όμβρια ύδατα. Έτσι, μειώνεται η πίεση στο υφιστάμενο τεχνικό δίκτυο αποχέτευσης και περιορίζεται ο κίνδυνος πλημμυρών στις πόλεις.

Ωστόσο, η μείωση της αδιαπερατότητας δεν είναι από μόνη της επαρκής. Εξίσου κρίσιμη είναι η ορθή σχεδίαση και η συνδεσιμότητα των πράσινων υποδομών. Όταν τέτοιες παρεμβάσεις υλοποιούνται αποσπασματικά και χωρίς συνολικό σχεδιασμό, ενδέχεται να συγκεντρώνονται οι ροές των υδάτων, προκαλώντας μεγαλύτερη επιβάρυνση στις περιοχές κατάντη. Για να επιτευχθεί ουσιαστική μείωση της απορροής και της πίεσης στο υδρογραφικό δίκτυο, οι πράσινες υποδομές πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ένα ενιαίο, διασυνδεδεμένο σύστημα.

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή των NBS δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Συχνά παρατηρείται έλλειψη αξιόπιστων δεδομένων και τεκμηρίωσης για την αποδοτικότητά τους, δεδομένου ότι η αποτελεσματικότητά τους επηρεάζεται από τις τοπικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες. Η επιτυχής υλοποίηση προϋποθέτει διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ ειδικών από διαφορετικά πεδία – πολεοδόμους, υδρολόγους, γεωπόνους και κοινωνικούς επιστήμονες. Επιπλέον, τα χρηματοδοτικά εμπόδια παραμένουν σημαντικός περιοριστικός παράγοντας, καθώς οι αρχικές επενδύσεις είναι συχνά υψηλές, ενώ τα οφέλη εμφανίζονται μακροπρόθεσμα.

Συνοψίζοντας, οι Φυσικές Λύσεις με Βάση τη Φύση αποτελούν ουσιώδες εργαλείο για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών κινδύνων σε ένα περιβάλλον που αλλάζει ραγδαία εξαιτίας της κλιματικής κρίσης. Η εφαρμογή τους σε αστικά και εξωαστικά περιβάλλοντα προσφέρει πολύπλευρα οφέλη από την ενίσχυση της υδρολογικής ανθεκτικότητας έως τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΔΗΜΟΣ ΑΧΑΡΝΩΝ

4.1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η περιοχή μελέτης αφορά τον Δήμο Αχαρνών, ο οποίος υπάγεται στην Περιφερειακή Ενότητα Ανατολικής Αττικής και εκτείνεται στο βορειοδυτικό άκρο του λεκανοπεδίου Αττικής, στους πρόποδες του όρους Πάρνηθα. Ο Δήμος Αχαρνών είναι ένας από τους μεγαλύτερους σε έκταση της Αττικής, καταλαμβάνοντας περίπου 149.000 στρέμματα, εκ των οποίων τα 40.000 αποτελούν τον αστικό ιστό. Διοικητικά, ο Δήμος απαρτίζεται από δύο Δημοτικές Ενότητες: τη Δημοτική Ενότητα Αχαρνών, στην οποία περιλαμβάνονται οι οικισμοί Αχαρναί, Βαρυμπόμπη και Πάρνης, και τη Δημοτική Ενότητα Θρακομακεδόνων, με τον ομώνυμο οικισμό που βρίσκεται σε υψόμετρο 360 μέτρων, στις απολήξεις της Πάρνηθας.

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής ως αντικείμενο μελέτης βασίστηκε σε τρεις βασικούς παράγοντες: τη συχνότητα εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων, την ποικιλομορφία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος – που συνιστά πρόκληση για τον ολοκληρωμένο χωρικό σχεδιασμό και τη διαθεσιμότητα δεδομένων.

Το βόρειο τμήμα του Δήμου καταλαμβάνεται κυρίως από τον ορεινό όγκο της Πάρνηθας, ο οποίος καλύπτει περίπου τη μισή συνολική έκταση, ενώ το νότιο τμήμα χαρακτηρίζεται από την έντονη οικιστική ανάπτυξη. Εκτός από την Πάρνηθα, η περιοχή παρουσιάζει περιβαλλοντικό ενδιαφέρον λόγω της ύπαρξης ρεμάτων που εκβάλλουν στον ποταμό Κηφισό, ο οποίος αποτελεί το ανατολικό φυσικό όριο του Δήμου. Επιπλέον, στο σύνολο του Δήμου εντοπίζονται γεωργικές καλλιέργειες (κυρίως ανθέων), βιομηχανικές εγκαταστάσεις, καθώς και εκτεταμένοι αδόμητοι χώροι, όπως τα στρατόπεδα Παπαστάθη και Καποτά.

Πίνακας 4: Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος

Στοιχεία Φυσικού Περιβάλλοντος	
Δάση	1. Ελατοδάσος Πάρνηθας
	2. Πευκοδάσος Πάρνηθας
	3. Τμήμα του Κτήματος Τατοΐου
Εθνικός Δρυμός	Πάρνηθας
Ρέματα	1. Εσχατιάς
	2. Καναπίτσας
	3. Μόρνου
	4. Χελιδονούς
	5. Τίμου Μωραϊτίνη
	6. Σιατίστης - Δοϊράνης
	7. Μακεδονίας (Θρακ/νες)
Ποτάμια	Κηφισός (Βόρειο Τμήμα)
Ορεινοί Όγκοι	Πάρνηθα

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Η ιδιαίτερη φυσιογνωμία του Δήμου Αχαρνών, με τις έντονες αντιθέσεις και τα σύνθετα χωρικά χαρακτηριστικά, τον καθιστά ιδανική περίπτωση για την ανάλυση και τον σχεδιασμό παρεμβάσεων στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης. Η περιοχή μελέτης εντάσσεται στο Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (EL06), σύμφωνα με την κατάταξη των ελληνικών υδατικών διαμερισμάτων. Ειδικότερα, σημαντικό μέρος του Δήμου Αχαρνών βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής του ποταμού Κηφισού (κωδικός EL06APSFR011), η οποία έχει χαρακτηριστεί ως ζώνη δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμύρας (APSFR – Areas of Potential Significant Flood Risk).

Η παραπάνω ταξινόμηση προέκυψε στο πλαίσιο της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, η οποία πραγματοποιήθηκε το 2012, σύμφωνα με τις

απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60/EK. Στη συνέχεια, στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (EL06), εκπονήθηκε λεπτομερής αξιολόγηση της επικινδυνότητας και των κινδύνων πλημμύρας στη συγκεκριμένη λεκάνη. Η αξιολόγηση αυτή βασίστηκε στην εφαρμογή τριών σεναρίων πλημμύρας, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και ένα ακραίο σενάριο με περίοδο επαναφοράς $T=1000$ έτη. Τα σενάρια αυτά υλοποιήθηκαν μέσω εξειδικευμένων υδρολογικών και υδραυλικών μοντέλων, με στόχο την αποτύπωση της έντασης, της έκτασης και των συνεπειών των πλημμυρικών φαινομένων στην περιοχή. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής επιβεβαιώνουν τη σημαντική τρωτότητα της λεκάνης του Κηφισού και, κατ' επέκταση, της περιοχής μελέτης, ενισχύοντας την ανάγκη για στοχευμένο σχεδιασμό και εφαρμογή μέτρων πρόληψης και διαχείρισης πλημμυρικών κινδύνων.

Η γεωμορφολογία του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής χαρακτηρίζεται από έντονη ποικιλομορφία, με συνδυασμό ορεινών όγκων και πεδινών εκτάσεων. Περιλαμβάνει τέσσερα βουνά με υψόμετρο άνω των 1.000 μέτρων: την Πάρνηθα (1.413 μ.), τον Κιθαιρώνα (1.401 μ.), την Πεντέλη (1.108 μ.) και τον Υμηττό (1.025 μ.). Οι κυριότερες πεδινές περιοχές εντοπίζονται στη ζώνη κοντά στην ακτογραμμή. Το μέσο υψόμετρο ανέρχεται στα 115 μέτρα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα σύνθετο και πολυσχιδές ανάγλυφο, στο οποίο εναλλάσσονται εκτεταμένες ορεινές μάζες με ενδιάμεσες πεδινές λεκάνες. Στα βόρεια και δυτικά δεσπόζουν οι ορεινοί όγκοι της Πάρνηθας, του Κιθαιρώνα, του Πατέρα και των Γερανείων. Στην ανατολική πλευρά της περιοχής, προς τα βόρεια, αναπτύσσεται η Πεντέλη μαζί με τους ορεινούς σχηματισμούς του Γραμματικού και του Μαραθώνα, ενώ νοτιότερα βρίσκονται οι ορεινές μάζες του Υμηττού και της Λαυρεωτικής, με ορογραφικούς άξονες που εκτείνονται από βορρά προς νότο. Στο κεντρικό τμήμα της εκτείνεται η λεκάνη του Κηφισού, η οποία διασχίζεται από τον ποταμό Κηφισό με γενική κατεύθυνση από βόρεια-βορειοανατολικά προς νότια-νοτιοδυτικά.

Πίνακας 5: Υψόμετρο Εδάφους

Υψόμετρα	Χαρακτηρισμός ανάγλυφου	Ποσοστό έκτασης στη ΖΔΥΚΠ
0-200	Πεδινό	83,14
200-600	Ημιορεινό	16,86
>600	Ορεινό	0,00

Πηγή: ΣΔΚΠ Αττικής 1^η αναθεώρηση**Πίνακας 6:** Κλίσεις εδάφους

Κλίσεις	Χαρακτηρισμός ανάγλυφου	Ποσοστό έκτασης στη ΖΔΥΚΠ
0-5%	Επίπεδο	91,54
5-10%	Κυματώδες	7,21
10-30%	Λοφώδες	1,28
>30%	Επικλινές	0,00

Πηγή: ΣΔΚΠ Αττικής 1^η αναθεώρηση

4.1.1 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

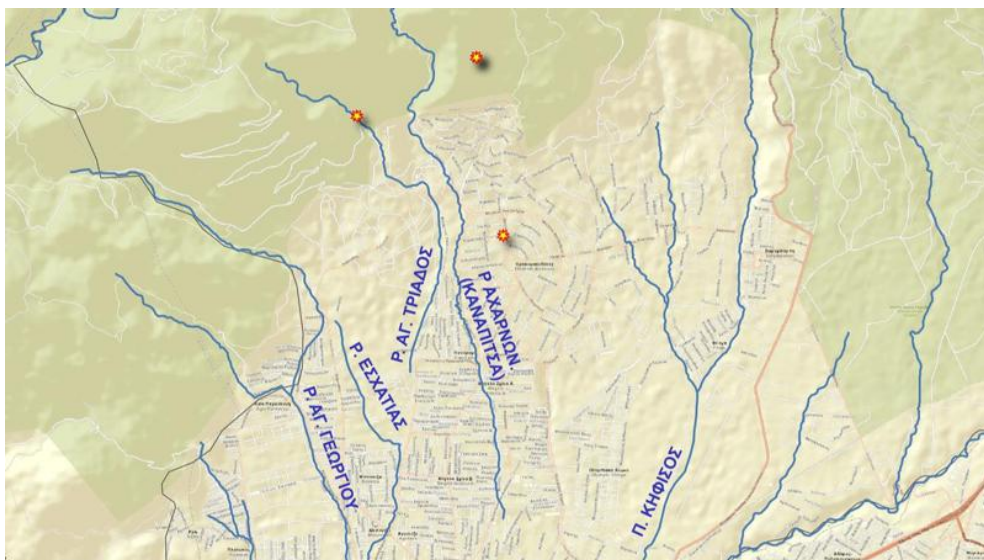
Στο Λεκανοπέδιο Αττικής, οι κλιματικές συνθήκες, η μορφολογία του εδάφους και η λιθολογική του σύσταση, σε συνδυασμό με το σχετικά μικρό μέγεθος της λεκάνης απορροής, δεν επιτρέπουν τη δημιουργία μεγάλων ποταμών.

Τα δύο κυριότερα υδρογραφικά δίκτυα του λεκανοπεδίου είναι ο ποταμός Κηφισός και ο ποταμός Ιλισός. Ο Κηφισός, ο μεγαλύτερος ποταμός της περιοχής, διατρέχει το

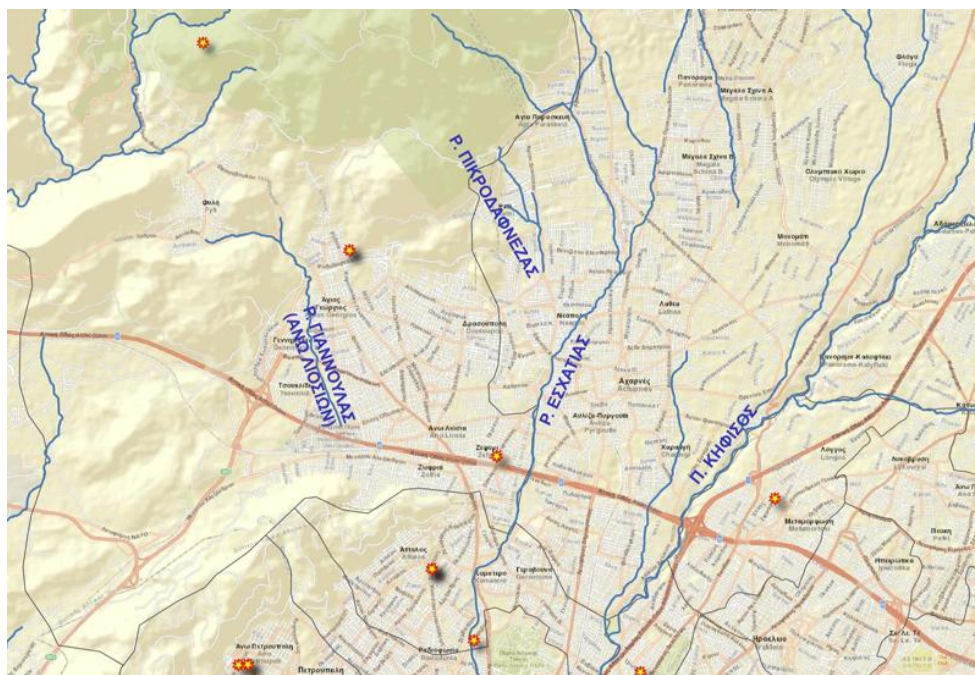
δυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου, με τις κύριες πηγές του στην Πάρνηθα και την Πεντέλη, ενώ δέχεται επιπλέον ύδατα από το όρος Αιγάλεω και μέρος του Υμηττού. Οι βορειοανατολικές περιοχές αποστράγγισης του Κηφισού περιλαμβάνονται στη "Χαμηλή ζώνη λεκάνης τεχνητής λίμνης Μαραθώνα", η οποία αποτελεί ξεχωριστή ΖΔΥΚΠ.

Ο Κηφισός διέρχεται από περιοχές όπως η Δεκέλεια, η Μεταμόρφωση, η Νέα Φιλαδέλφεια, τα Πατήσια, οι Τρεις Γέφυρες, η Κολοκυνθού, ο Βοτανικός και ο Άγιος Ιωάννης Ρέντης. Λίγο πριν τις εκβολές του, δέχεται τα νερά του Ιλισού και καταλήγει στον Όρμο του Φαλήρου, στο Νέο Φάληρο. Το μήκος του Κηφισού από το Κρυονέρι έως το Φάληρο ανέρχεται περίπου στα 30 km, ενώ το συνολικό μήκος των παραχειμάρρων του ξεπερνά τα 200 km. Συνολικά, το σύστημα του Κηφισού και των παραχειμάρρων του αποστραγγίζει μια έκταση περίπου 361 km², καθιστώντας το σημαντικότερο υδρογραφικό σύστημα του Λεκανοπεδίου Αττικής.

Εικόνα 10: Υδατορεύματα στην περιοχή Θρακομακεδόνων - Βαρυμπόμπης



Πηγή: ΣΔΚΠ Αττικής 1^η αναθεώρηση

Εικόνα 11: Υδατορεύματα στην περιοχή Άνω Λιοσίων – Αχαρνές

Πηγή: ΣΔΚΠ Αττικής 1^η αναθεώρηση

4.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΧΑΡΝΩΝ

Η έννοια της κοινωνικοοικονομικής τρωτότητας αναφέρεται στον βαθμό στον οποίο ένα κοινωνικό σύστημα ή κοινότητα είναι εκτεθειμένο και ευάλωτο στις συνέπειες ενός φυσικού κινδύνου, όπως οι πλημμύρες. Σύμφωνα με τον ορισμό του ISDR (2004), η τρωτότητα διαμορφώνεται από ένα πλέγμα παραγόντων, όπως τα κοινωνικά χαρακτηριστικά, η πρόσβαση σε υποδομές, η οικονομική κατάσταση, καθώς και η οικιστική οργάνωση. Στην περίπτωση του Δήμου Αχαρνών, οι παράγοντες αυτοί συνδυάζονται με το ιδιαίτερο φυσικό και γεωμορφολογικό περιβάλλον, εντείνοντας την επικινδυνότητα και ενισχύοντας τον συνολικό δείκτη διακινδύνευσης.

Ο Δήμος Αχαρνών αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες πληθυσμιακές ενότητες της Περιφέρειας Αττικής, με έντονα αστικοποιημένο χαρακτήρα και σημαντικές κοινωνικοοικονομικές ανισότητες. Παρουσιάζει αυξημένη έκθεση σε πλημμυρικά φαινόμενα, η οποία σε μεγάλο βαθμό συνδέεται με τη χωρική κατανομή της ευαλλωτότητας και την απουσία επαρκών μηχανισμών αντιστάθμισης των συνεπειών.

Η ανάλυση της τρωτότητας στην παρούσα ενότητα επιχειρεί να εμβαθύνει στα κοινωνικά, οικιστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν την ανθεκτικότητα του δήμου απέναντι σε πλημμυρικούς κινδύνους.

4.2.1 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο Δήμος Αχαρνών παρουσιάζει σημαντική δημογραφική ετερογένεια, καθώς περιλαμβάνει συνοικίες με διαφορετικά κοινωνικά προφίλ. Σε περιοχές όπως η Αυλίζα, η Αγία Άννα και ο Άγιος Διονύσιος, συγκεντρώνεται μεγάλο μέρος του πληθυσμού που χαρακτηρίζεται από:

- Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο,
- Υψηλά ποσοστά ανεργίας και επισφαλούς εργασίας,
- Έλλειψη πρόσβασης σε κοινωνικές δομές και δημόσιες υπηρεσίες.

Η παρουσία πληθυσμών Ρομά, οικονομικών μεταναστών και άλλων κοινωνικά αποκλεισμένων ομάδων δημιουργεί συνθήκες αυξημένης κοινωνικής τρωτότητας (ΕΛΣΤΑΤ, 2021· Tselios & Tompkins, 2019). Η απουσία δικτύων κοινωνικής συνοχής, όπως τοπικές συλλογικότητες, ενισχύει περαιτέρω την ευαλωτότητα αυτών των ομάδων σε περίπτωση φυσικών καταστροφών.

Επιπλέον, η δημογραφική πίεση έχει αυξήσει τον πληθυσμό σε συνοικίες χωρίς αντίστοιχη αύξηση των κοινωνικών και τεχνικών υποδομών. Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν χαμηλό βαθμό οργανωμένης αστικής ανάπτυξης και υψηλό βαθμό πολεοδομικής αυθαιρεσίας, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την ανικανότητα αντιμετώπισης ακραίων υδρομετεωρολογικών φαινομένων (Birkmann et al., 2013).

Ο Δήμος Αχαρνών, ο οποίος βρίσκεται στην Περιφέρεια Αττικής, είναι ένας από τους μεγαλύτερους δήμους της περιοχής και της χώρας, κατατάσσοντας στην 12η θέση σε εθνικό επίπεδο, με πληθυσμό 108.130 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021. Η πληθυσμιακή σύνθεση του Δήμου είναι σχεδόν ισοκατανεμημένη μεταξύ ανδρών και γυναικών, με τους άνδρες να αποτελούν το 49,3% του πληθυσμού και τις

γυναίκες το 50,7%. Το γεγονός αυτό δείχνει μια σχετικά ισχυρή κοινωνική ισορροπία χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις στα φύλα.

Η πληθυσμιακή μεταβολή του Δήμου Αχαρνών την τελευταία δεκαετία (2011–2021) δείχνει μια μικρή αλλά θετική αύξηση. Συγκεκριμένα, ο πληθυσμός του Δήμου αυξήθηκε κατά 1.187 κατοίκους, με ποσοστό αύξησης 1,1%. Αυτή η θετική πληθυσμιακή μεταβολή αποτελεί μια εξαιρετική διαφοροποίηση από την γενική τάση μείωσης του πληθυσμού που παρατηρείται σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Η αύξηση του πληθυσμού αποδίδεται κυρίως στην εσωτερική μετανάστευση και την επιστροφή Ελλήνων από χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης, οι οποίοι επέλεξαν τον Δήμο Αχαρνών για τη μόνιμη εγκατάστασή τους (Αχαρνές.gr, 2021). Ο Δήμος Αχαρνών κατατάσσεται στην 4η θέση σε πληθυσμό στην Περιφέρεια Αττικής, γεγονός που καθιστά την περιοχή μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες στον αστικό ιστό της Αττικής. Αυτή η έντονη αστικοποίηση προσδίδει στο Δήμο ιδιαίτερη σημασία τόσο από την πλευρά των τοπικών υποδομών όσο και για την ανάπτυξη στρατηγικών πολιτικών σε τομείς όπως η αστική αναζωογόνηση, οι συγκοινωνίες και οι υπηρεσίες υγείας.

Η αύξηση του πληθυσμού του Δήμου Αχαρνών, παρά τις γενικότερες τάσεις πληθυσμιακής μείωσης που παρατηρούνται σε πολλές περιοχές της χώρας, αναδεικνύει τη δυναμική του δήμου και τη σημασία της σωστής αξιοποίησης αυτής της πληθυσμιακής εξέλιξης για την ανάπτυξη του Δήμου και την ενίσχυση της τοπικής οικονομίας και κοινωνίας. Η θετική πληθυσμιακή μεταβολή στον Δήμο Αχαρνών συνδέεται με διάφορους παράγοντες, κυρίως την εσωτερική μετανάστευση και την επιστροφή Ελλήνων που είχαν εγκατασταθεί σε χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Ειδικότερα, η προσφορά οικονομικότερων κατοικιών σε σχέση με άλλες περιοχές του λεκανοπεδίου Αττικής, η βελτίωση των συγκοινωνιακών υποδομών και η ανάπτυξη του Δήμου ως ένας ελκυστικός προορισμός για νέους κατοίκους, συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση του πληθυσμού.

Η αύξηση του πληθυσμού στον Δήμο Αχαρνών, παρά τις γενικές τάσεις μείωσης του πληθυσμού σε άλλες περιοχές, αποδεικνύει τη δυναμική του Δήμου στην περιοχή της Αττικής. Η θετική αυτή τάση μπορεί να θεωρηθεί ως ευκαιρία για τη βιώσιμη ανάπτυξη του Δήμου, με την ανάγκη για στρατηγικές και πολιτικές που θα αξιοποιήσουν τη συνεχώς αυξανόμενη πληθυσμιακή δυναμική. Αυτό περιλαμβάνει έργα υποδομής και

πολιτικές που ενισχύουν την κοινωνική συνοχή, τη βιωσιμότητα και την περιβαλλοντική ανθεκτικότητα της περιοχής.

Πίνακας 7: Πίνακας Πληθυσμιακών Στοιχείων Δήμου Αχαρνών (Απογραφή 2021)

Δείκτης	Τιμή
Μόνιμος Πληθυσμός	108.130 κάτοικοι
Άνδρες	53.310 (49,3%)
Γυναίκες	54.820 (50,7%)
Πληθυσμιακή Μεταβολή (2011–2021)	+1.187 κάτοικοι
Ποσοστιαία Μεταβολή	1,10%
Κατάταξη σε εθνικό επίπεδο	12ος μεγαλύτερος Δήμος στην Ελλάδα
Κατάταξη στην Περιφέρεια Αττικής	4ος σε πληθυσμό

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ., Ιδία επεξεργασία

4.2.2 ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΝΙΣΟΤΗΤΕΣ

Ο Δήμος Αχαρνών αναπτύχθηκε ιστορικά με έντονα άναρχο τρόπο, κυρίως μετά τη δεκαετία του 1960, χωρίς την απαραίτητη υποστήριξη από θεσμικά εργαλεία χωρικού σχεδιασμού. Σημαντικές περιοχές του Δήμου βρίσκονται ακόμη εκτός σχεδίου ή σε εκκρεμότητα πολεοδομικής οριοθέτησης. Οι συνέπειες αυτής της εξέλιξης είναι πολλαπλές όπως, πολλές περιοχές δεν διαθέτουν επαρκές δίκτυο αποχέτευσης ή ομβρίων, οι δρόμοι είναι στενοί και ασύνδετοι, δυσκολεύοντας τη ροή υδάτων και την πρόσβαση έκτακτης ανάγκης, τα κτίρια είναι σε μεγάλο βαθμό παλαιά ή κατασκευασμένα χωρίς κανονισμούς ασφαλείας, συχνά με πρόχειρα υλικά, και ότι η αναλογία πράσινων χώρων προς κάτοικο είναι από τις χαμηλότερες στην Αττική (Μπουρίτης & Καβουλάκος, 2014).

Οι γεωγραφικές ανισότητες στη χωρική κατανομή των υπηρεσιών εντείνουν τον κίνδυνο για τις πιο υποβαθμισμένες περιοχές. Ο πολεοδομικός κατακερματισμός και η αυθαίρετη δόμηση εμποδίζουν τη διαχείριση της πλημμυρικής απορροής, ενώ η

στεγανοποίηση του εδάφους και η κάλυψη ρεμάτων έχουν αλλοιώσει το φυσικό υδρολογικό σύστημα.

4.2.3 ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Η τρωτότητα εντείνεται περαιτέρω από την περιορισμένη παρουσία κρίσιμων υποδομών και υπηρεσιών, ιδίως στις περιοχές χαμηλού εισοδήματος. Το υπάρχον δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων είναι ανεπαρκές, με αποτέλεσμα τα νερά της βροχής να λιμνάζουν ή να προκαλούν υπερχειλίσσεις. Η παλαιότητα των υποδομών, σε συνδυασμό με την έλλειψη συντήρησης και επενδύσεων, δυσχεραίνει την αποτελεσματική διαχείριση ακραίων βροχοπτώσεων (Parangelis et al., 2021).

Σε περίπτωση πλημμύρας, η πρόσβαση των κατοίκων σε βασικές υπηρεσίες όπως Υγειονομικές μονάδες πρώτης ανάγκης, σχολικές και εκπαιδευτικές υποδομές και κέντρα στέγασης ή προσωρινής φιλοξενίας, δυσχεραίνεται. Η απουσία τοπικών σχεδίων διαχείρισης κινδύνων, όπως συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης ή προληπτικές εκκενώσεις, αυξάνει την ευαλωτότητα του πληθυσμού, ιδίως για όσους κατοικούν κοντά σε ρέματα ή εντός ιστορικά πλημμυρικών περιοχών (UNISDR, 2015).

4.2.4 ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΧΩΡΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Η ποσοτικοποίηση της τρωτότητας αποτελεί κρίσιμο εργαλείο για την ενσωμάτωση του κινδύνου στον χωρικό σχεδιασμό. Έχουν αναπτυχθεί διεθνώς πολυδιάστατοι δείκτες, όπως ο Social Vulnerability Index (SoVI) (Cutter et al., 2003), που συνδυάζουν μεταβλητές όπως, ποσοστό φτώχειας, μορφωτικό επίπεδο, ηλικιακή σύνθεση (π.χ. ποσοστό ηλικιωμένων ή ανηλίκων), πρόσβαση σε συγκοινωνίες ή ιατρικές υπηρεσίες.

Σε τοπικό επίπεδο, ο υπολογισμός ενός σύνθετου δείκτη κοινωνικοοικονομικής τρωτότητας μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την ιεράρχηση των περιοχών παρέμβασης στον Δήμο Αχαρνών. Συνδυάζοντας τον δείκτη αυτόν με δεδομένα από το μοντέλο Blue Spot, δηλαδή τις φυσικές ζώνες υψηλής επικινδυνότητας, προκύπτει ένας χάρτης «διπλής ευαλωτότητας» (risk–vulnerability overlay map), ο οποίος ενδείκνυται για την ανάπτυξη στοχευμένων πολιτικών πρόληψης.

Η ενσωμάτωση της τρωτότητας στον πολεοδομικό σχεδιασμό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της αναθεώρησης των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων (Τ.Π.Σ.), προτεραιοποίησης επενδύσεων σε περιοχές με χαμηλό κοινωνικό δυναμικό, ενίσχυσης του ρόλου της τοπικής αυτοδιοίκησης στη διαχείριση κινδύνων, εφαρμογής προσαρμοσμένων λύσεων που βασίζονται στη φύση (Nature-Based Solutions) για τη μείωση του κινδύνου και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

4.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη εστιάζει στον Δήμο Αχαρνών, έναν αστικό δήμο της Περιφέρειας Αττικής, ο οποίος βρίσκεται στις βόρειες παρυφές του Λεκανοπεδίου Αθηνών, στους πρόποδες της Πάρνηθας. Η γεωμορφολογία και η θέση του Δήμου τον καθιστούν ιδιαίτερα ευάλωτο σε φαινόμενα πλημμυρικού χαρακτήρα, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ενσωμάτωση των κλιματικών του χαρακτηριστικών στην παρούσα ανάλυση.

Ωστόσο, η απουσία μετεωρολογικού σταθμού της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Αχαρνών καθιστά δύσκολη την άμεση συλλογή εξειδικευμένων και διαχρονικών κλιματικών δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε σκόπιμη η χρήση στοιχείων από τον πλησιέστερο διαθέσιμο μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ, ο οποίος βρίσκεται στη Νέα Φιλαδέλφεια. Η συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει γεωγραφική εγγύτητα και παρόμοια κλιματολογικά χαρακτηριστικά με τον Δήμο Αχαρνών, ενώ διαθέτει αξιόπιστο αρχείο δεδομένων, το οποίο επιτρέπει την άντληση χρήσιμων συμπερασμάτων για τη μελέτη.

Επομένως, όλα τα διαγράμματα και οι αναλύσεις που ακολουθούν βασίζονται σε δεδομένα της ΕΜΥ από τον σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας, με στόχο την όσο το δυνατόν ακριβέστερη και τεκμηριωμένη αποτύπωση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.

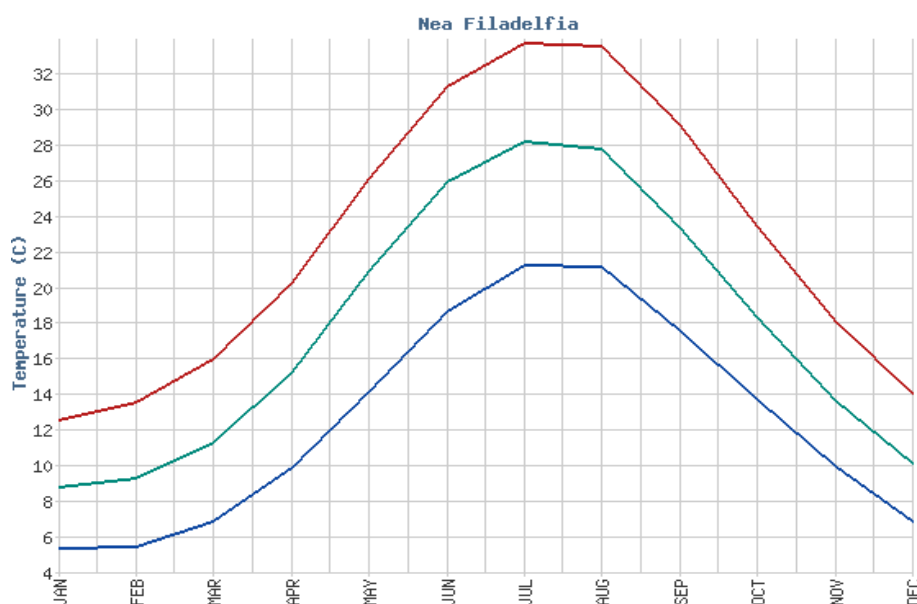
4.3.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Το κλίμα της Νέας Φιλαδέλφειας, που χρησιμοποιείται ως αναφορά λόγω εγγύτητας με τον Δήμο Αχαρνών, παρουσιάζει τυπικά μεσογειακά χαρακτηριστικά. Οι μέσες

Θερμοκρασίες κυμαίνονται από 8°C τον Ιανουάριο έως 28°C τον Ιούλιο–Αύγουστο. Οι ελάχιστες μέσες τιμές τον χειμώνα αγγίζουν τους 5°C, ενώ οι μέγιστες μέσες το καλοκαίρι φτάνουν τους 32–33°C.

Η άνοιξη και το φθινόπωρο χαρακτηρίζονται από ήπιες μεταβάσεις, με διαφορά 10°C περίπου μεταξύ ελάχιστων και μέγιστων τιμών. Οι θερμές και ξηρές συνθήκες του καλοκαιριού, σε συνδυασμό με τις ημερήσιες διακυμάνσεις, επηρεάζουν έντονα το μικροκλίμα και τις ανάγκες για ανθεκτικότητα στις κλιματικές πιέσεις στην περιοχή μελέτης.

Διάγραμμα 1: Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)



Πηγή: ΕΜΥ

Πίνακας 8: Πίνακας θερμοκρασιών, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010)

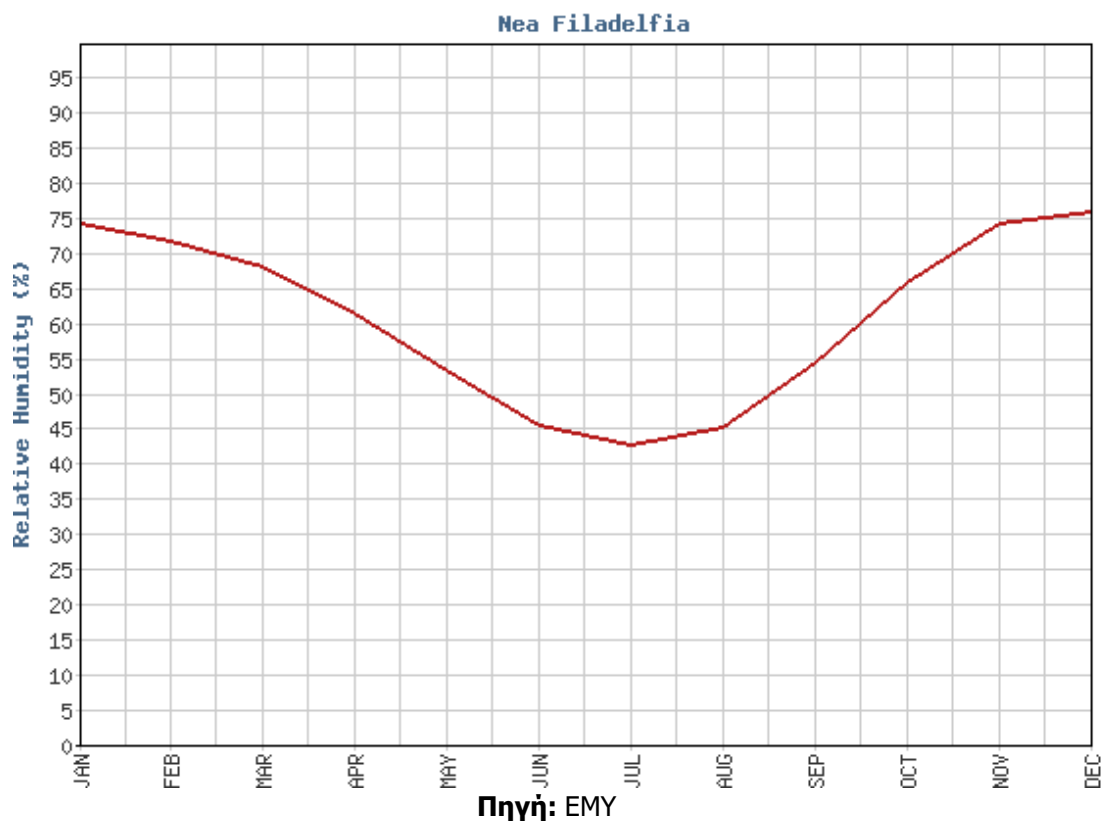
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ
Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	5.4	5.5	6.9	9.9	14.2	18.7	21.3
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	8.8	9.3	11.3	15.3	21.0	26.0	28.3
Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία	12.6	13.6	16.0	20.3	26.2	31.4	33.8

Πηγή: ΕΜΥ

4.3.2 ΥΓΡΑΣΙΑ

Η σχετική υγρασία στην περιοχή παρουσιάζει ετήσια κυκλική διακύμανση. Τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριος–Φεβρουάριος) κυμαίνεται στο 70–75%, ενώ μειώνεται σταδιακά την άνοιξη και φτάνει στο ετήσιο ελάχιστο (~47%) τον Ιούλιο, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της μειωμένης βροχόπτωσης. Από τον Σεπτέμβριο και μετά αυξάνεται ξανά, φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα τον Δεκέμβριο. Αυτή η διακύμανση επηρεάζει σημαντικά τη θερμική άνεση και την εξάτμιση, ιδίως κατά τους θερινούς μήνες, με συνέπειες για το μικροκλίμα και τις στρατηγικές δροσισμού στον αστικό χώρο.

Διάγραμμα 2: Διακυμάνσεις της υγρασίας, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)



Πίνακας 9: Μέση Μηνιαία Υγρασία, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)

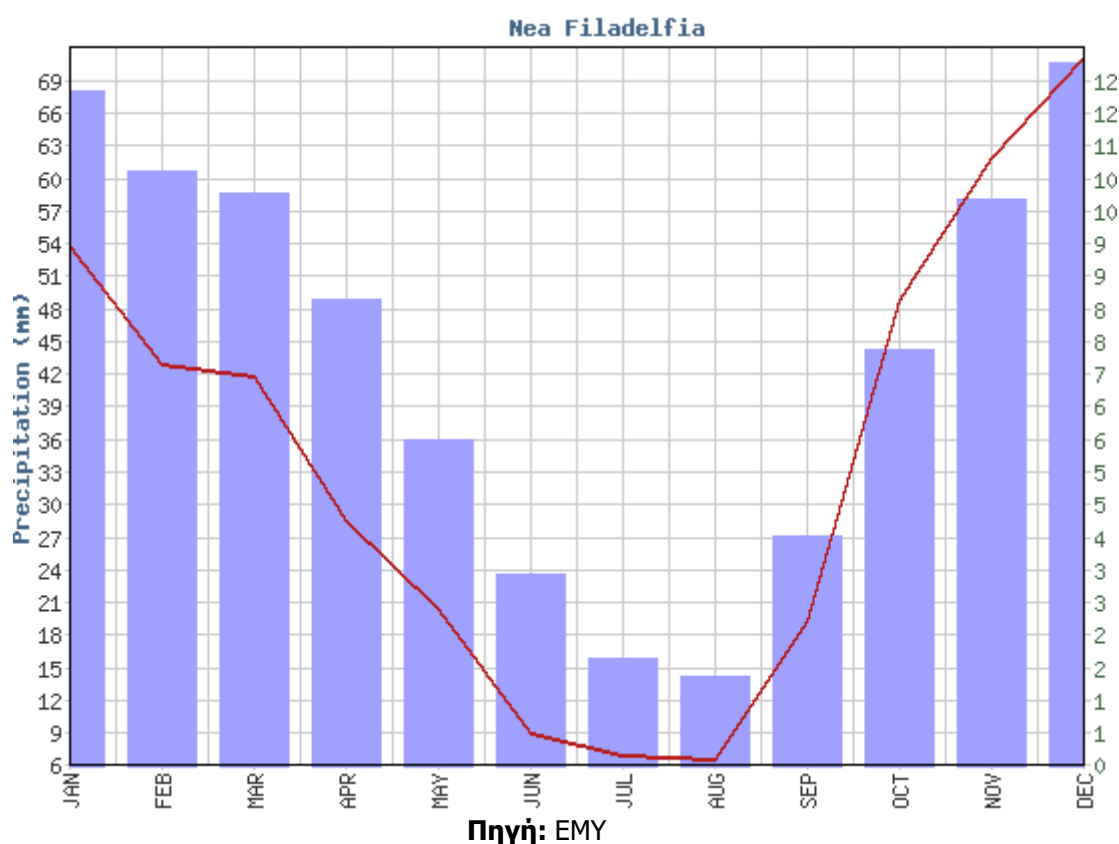
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Υγρασία	74.4	72.0	68.4	61.7	53.4	45.7	42.9	45.4	54.6	66.1	74.5	76.2

Πηγή: ΕΜΥ

4.3.3 ΥΕΤΟΣ

Η βροχόπτωση στην περιοχή είναι χειμερινής κατανομής, με τα μεγαλύτερα ύψη να καταγράφονται Νοέμβριο–Φεβρουάριο (~60–68 mm και 10–12 βροχερές ημέρες). Το καλοκαίρι (Ιούνιος–Αύγουστος) είναι ξηρό, με μόλις 1–2 ημέρες βροχής και <15 mm. Η άνοιξη και το φθινόπωρο λειτουργούν ως μεταβατικές περίοδοι, με σταδιακή μείωση και αύξηση αντίστοιχα. Η εποχικότητα αυτή τονίζει την ανάγκη για κατάλληλη διαχείριση των υδάτων, ειδικά την περίοδο έντονων βροχοπτώσεων.

Διάγραμμα 3: Μηνιαία Κατανομή Βροχοπτώσεων και Ημερών Βροχής, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)



Πίνακας 10: Μηνιαία Κατανομή Βροχοπτώσεων και Ημερών Βροχής, μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας (1955-2010) (ΕΜΥ)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέσο Μηνιαίο Ύψος Υετού	53.9	43.0	41.8	28.5	20.5	9.1	7.0	6.7	19.4	48.8	61.9	71.2
Μέσος Μηνιαίος Αριθμός Ημερών Υετού	12.0	10.6	10.2	8.3	5.8	3.4	1.9	1.6	4.1	7.4	10.1	12.5

Πηγή: ΕΜΥ

4.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΟΡΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Ο Δήμος Αχαρνών, εκτεινόμενος στο βορειοδυτικό τμήμα του Λεκανοπεδίου Αττικής, περιλαμβάνει σημαντικό μέρος του ορεινού όγκου της Πάρνηθας, ο οποίος έχει χαρακτηριστεί ως Εθνικός Δρυμός και προστατεύεται από ειδικό θεσμικό πλαίσιο. Συγκεκριμένα, με το Προεδρικό Διάταγμα της 24ης Ιουλίου 2007 (ΦΕΚ 336/Δ'/2007), καθορίστηκαν ζώνες προστασίας του ορεινού όγκου της Πάρνηθας, οι οποίες ορίζουν τις επιτρεπόμενες χρήσεις γης και τις επιτρεπόμενες επεμβάσεις σε κάθε ζώνη (Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2007).

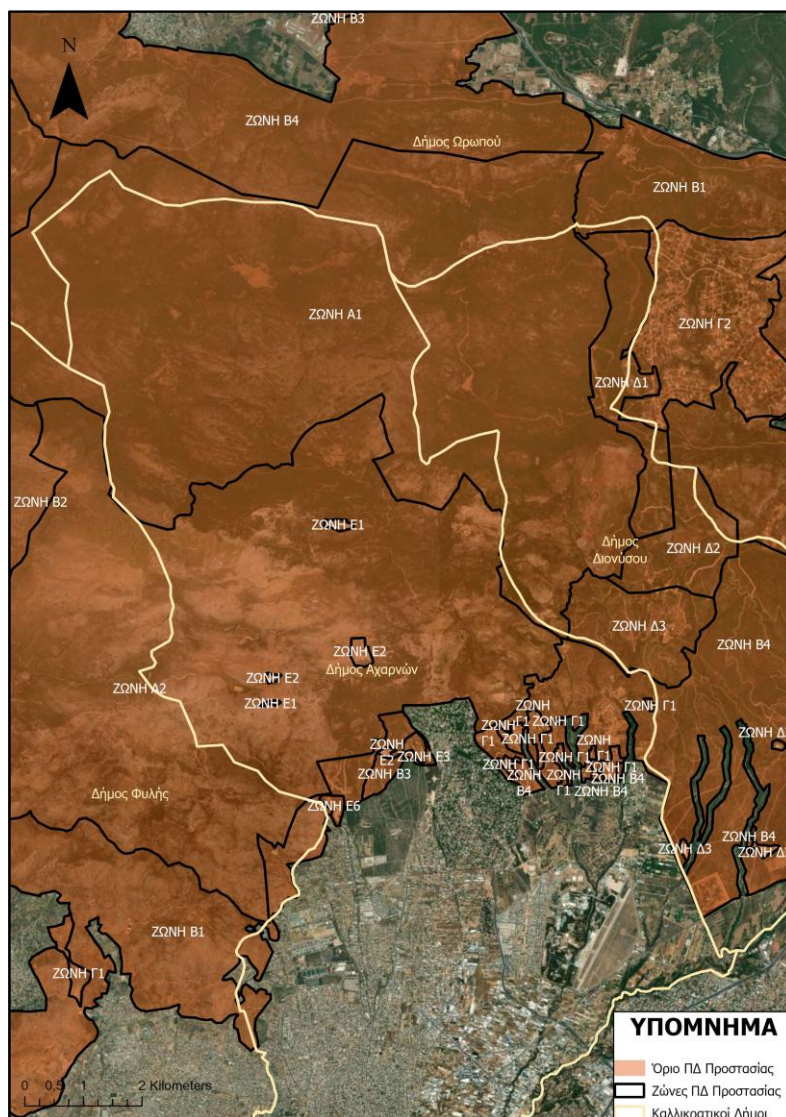
Το Προεδρικό Διάταγμα θεσμοθετεί συνολικά δεκαέξι (16) ζώνες προστασίας, μεταξύ των οποίων οι Ζώνες Α1 και Α2 χαρακτηρίζονται ως ζώνες απολύτου προστασίας. Στη Ζώνη Α1 επιτρέπεται μόνο η διεξαγωγή επιστημονικών ερευνών και η παρουσία αρμόδιου προσωπικού για φύλαξη και διαχείριση του Δρυμού. Επιπλέον, προβλέπεται η διέλευση επισκεπτών αποκλειστικά μέσω προκαθορισμένων διαδρομών και μονοπατιών, ενώ η αναψυχή επιτρέπεται μόνο σε ειδικά καθορισμένα σημεία, σύμφωνα με σχετική μελέτη εγκεκριμένη από τις αρμόδιες υπηρεσίες (ΦΕΚ 336/Δ'/2007).

Η Ζώνη Α2 περιλαμβάνει περιοχές όπου επιτρέπονται δραστηριότητες χαμηλής όχλησης, όπως η ήπια αναψυχή και η πεζοπορία, με αυστηρούς όρους ώστε να προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον. Στις υπόλοιπες ζώνες (Β1, Β2, κ.ά.),

επιτρέπονται περιορισμένες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Σημαντικό τμήμα του Δήμου Αχαρνών εμπίπτει εντός των ζωνών προστασίας του ορεινού όγκου της Πάρνηθας. Ιδιαίτερα οι περιοχές των Θρακομακεδόνων και της Βαρυμπόμπης βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση ή και εντός ζωνών αυστηρής προστασίας, γεγονός που επιβάλλει σαφείς περιορισμούς στις χρήσεις γης και στις χωρικές παρεμβάσεις (Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου Αθήνας, 2020).

Η ένταξη μεγάλου μέρους του Δήμου Αχαρνών στο προστατευόμενο καθεστώς του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας καθιστά απαραίτητη την υιοθέτηση πολιτικών που διασφαλίζουν την περιβαλλοντική ισορροπία και ενισχύουν την αειφόρο ανάπτυξη. Αυτό συνεπάγεται περιορισμό της άναρχης δόμησης, ενίσχυση του ελέγχου επί των επεμβάσεων και προώθηση ήπιων μορφών τουρισμού και αναψυχής, σε απόλυτη συμμόρφωση με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο (ΥΠΕΝ, 2007· parnitha.net, 2020).

Χάρτης 1: ΠΔ Προστασίας Πάρνηθας

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Στο νοτιοανατολικό άκρο του Δήμου Αχαρνών εκτείνεται η ζώνη προστασίας του ποταμού Κηφισού και των παραχειμάρρων του, η οποία εγκρίθηκε με το **Προεδρικό Διάταγμα της 15ης Ιουνίου 1994** (ΦΕΚ 632/Δ'/1994). Το Π.Δ. αυτό καθόρισε δύο βασικές ζώνες προστασίας, με στόχο τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του υδάτινου συστήματος και τον περιορισμό των ανθρωπογενών επιπτώσεων.

Η **Ζώνη Α** ορίζεται σε εύρος 50 μέτρων εκατέρωθεν της φυσικής κοίτης του ποταμού και των παραχειμάρρων του. Εντός αυτής, επιτρέπονται μόνο ήπιες δραστηριότητες, όπως η περιβαλλοντική αγωγή, η υπαίθρια αναψυχή και η γεωργική χρήση. Αντίθετα,

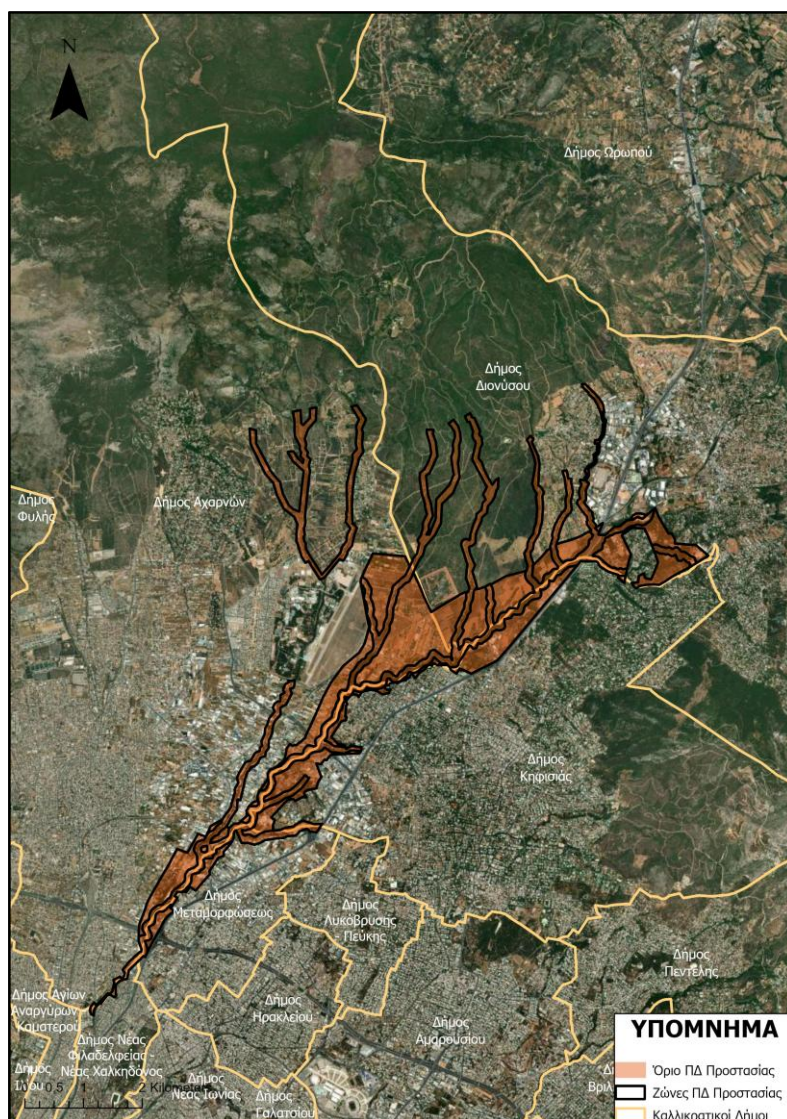
απαγορεύεται η δόμηση, καθώς και κάθε παρέμβαση που μπορεί να αλλοιώσει τη φυσική μορφολογία του τοπίου (ΦΕΚ 632/Δ/1994· Δήμος Αχαρνών, 2023).

Η **Ζώνη Β**, η οποία εκτείνεται πέραν της Ζώνης Α, περιλαμβάνει περιοχές με αυξημένους περιορισμούς στις χρήσεις γης, αποσκοπώντας στη διατήρηση της φυσικής ροής και της λειτουργίας του οικοσυστήματος. Οι επιτρεπόμενες χρήσεις ρυθμίζονται με ειδικές διατάξεις, που στοχεύουν στον περιορισμό του πλημμυρικού κινδύνου και στην αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης του υδρογραφικού δικτύου (ΦΕΚ 632/Δ'/1994 & ΦΕΚ 499/Δ'/1998).

Το αρχικό διάταγμα διορθώθηκε με το **ΦΕΚ 796/Δ'/1994**, όπου προστέθηκαν οι πίνακες συντεταγμένων της Ζώνης Α, οι οποίοι είχαν παραλειφθεί. Η πιο σημαντική τροποποίηση έγινε το 1998 με νέο **Προεδρικό Διάταγμα** (ΦΕΚ 499/Δ'/1998), το οποίο τροποποίησε τα όρια των ζωνών και αντικατέστησε τους πίνακες της παραγράφου 2 του άρθρου 1 του αρχικού Π.Δ., ώστε να προκύπτει μεγαλύτερη σαφήνεια και ακρίβεια στον καθορισμό των ορίων προστασίας.

Η προστατευόμενη αυτή περιοχή συνορεύει με το Βιοτεχνικό Πάρκο (ΒΙΠΑ) του Δήμου Αχαρνών, γεγονός που δημιουργεί ιδιαίτερες πιέσεις αλλά και ανάγκες για εφαρμογή αυστηρών πολεοδομικών και περιβαλλοντικών ρυθμίσεων. Η ύπαρξη της ζώνης επιβάλλει περιορισμούς στις χρήσεις γης και απαιτεί συντονισμένες δράσεις για την πρόληψη φαινομένων περιβαλλοντικής υποβάθμισης και πλημμυρικών κινδύνων (Δήμος Αχαρνών, 2023).

Η χωροθέτηση και ο θεσμικός έλεγχος της ζώνης αυτής καθιστούν επιτακτική την ανάγκη εφαρμογής εργαλείων ολοκληρωμένου χωρικού σχεδιασμού, που σέβονται τους φυσικούς πόρους και ταυτόχρονα προωθούν τη βιώσιμη ανάπτυξη της περιοχής.

Χάρτης 2: Π.Δ. Προστασίας Κηφισού

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BLUESPOT ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ

ΑΧΑΡΝΩΝ

Αρχικά γίνεται η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων ώστε να λειτουργήσει το μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό μοντέλο εδάφους με χωρική ανάλυση περίπου 1 μέτρου. Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε μορφή TIFF (Tagged Image File Format), μια τυπική μορφή εικόνας για εφαρμογές GIS, η οποία περιλαμβάνει ενσωματωμένες γεωγραφικές πληροφορίες. Τα συλλεγμένα χωρικά δεδομένα οργανώθηκαν σε θεματικά επίπεδα μέσα στη ψηφιακή χωρική βάση

δεδομένων της περιοχής μελέτης και αποτυπώθηκαν σε ένα ενιαίο σύστημα συντεταγμένων. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα και οι πηγές τους.

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Πηγή: MaP Ltd.

Οδικό Δίκτυο Πηγή: The Humanitarian Data Exchange(<https://data.humdata.org/>)

Αποτυπώματα Κτιρίων Πηγή: The Humanitarian Data Exchange(<https://data.humdata.org/>)

Όρια Καλλικρατικών Δήμων Πηγή: Geodata.gov

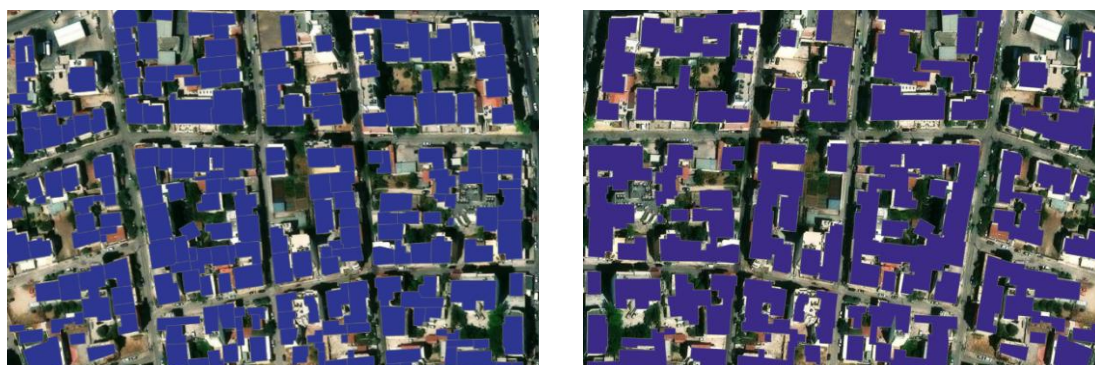
Η μελέτη βασίζεται κυρίως στην τοπογραφία της περιοχής, αναλύοντας την κίνηση του νερού μέσω των ρεμάτων. Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) που χρησιμοποιήθηκε αποτυπώνει το φυσικό ανάγλυφο της περιοχής και όχι το διαμορφωμένο έδαφος.

Το πρώτο επίπεδο μπορεί να περιγραφεί ως μια διαδικασία διαλογής όπου εντοπίζονται όλες οι κοιλότητες στη περιοχή μελέτης. Οι προβλέψεις του μοντέλου που παρουσιάζονται σε αυτή την εφαρμογή στηρίζονται στην ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, το οποίο απεικονίζει τις κοιλότητες του τοπίου (bluespots) μέσα στις τοπικές λεκάνες απορροής. Έτσι, κάθε σταγόνα βροχής ρέει κατά μήκος της επιφάνειας της γης μέχρι να φτάσει σε έναν όγκο ελεύθερου νερού που έχει συγκεντρωθεί σε μια κοιλότητα (Bluespot). Επίσης περιλαμβάνει την ιεραρχική διάταξη των ροών προς τα κατάντη και τον τρόπο με τον οποίο αυτά τα "bluespots" γεμίζουν και υπερχειλίζουν κατά τη διάρκεια προσομοιώσεων διαφορετικών σεναρίων βροχόπτωσης. Αυτό επιτυγχάνεται επιτρέποντας την πτώση της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους του μοντέλου, χωρίς όμως να επιτρέπεται η διήθηση στο έδαφος ή η εξάτμιση στην ατμόσφαιρα. Στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους ενσωματώθηκαν τα αποτυπώματα των κτιρίων ώστε να προκύψουν πιο έγκυρα αποτελέσματα ως προς την ροή του νερού. Δεδομένου ότι η μέθοδος αυτή βασίζεται σε υπολογισμούς ροής επιφανειακού νερού, η ενσωμάτωση των κτιρίων στη μοντελοποίηση της ροής δεν δημιουργεί προβλήματα. Ορίζοντας τα κτίρια ως πολυγωνικά επίπεδα, υπερυψωμένα και ενσωματωμένα στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), επιτρέπεται στο νερό να κατευθύνεται γύρω από αυτά.

Επιπλέον, αυτή η ενσωμάτωση αφαιρεί τον όγκο που καταλαμβάνουν τα κτίρια στα bluespots, θεωρώντας ότι δεν υπάρχει υπόγεια ροή νερού κάτω από αυτά.

Πριν ενσωματωθούν τα αποτυπώματα των κτηρίων στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους πρέπει πρώτα με τη λειτουργία Dissolve να αφαιρεθούν τα μη απαραίτητα όρια μεταξύ των κτηρίων όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.

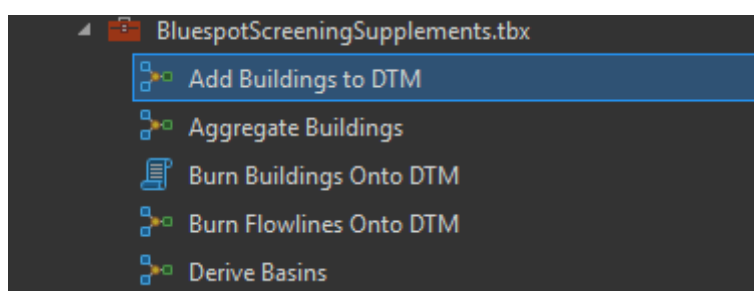
Εικόνα 12: Λειτουργία DISSOLVE



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Έπειτα από την εργαλειοθήκη του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία 'Add Buildings to DTM' ώστε να ενσωματωθούν τελικά στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους.

Εικόνα 13: Λειτουργία Add Buildings to DTM



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Το δεύτερο επίπεδο αφορά τον υπολογισμό της ευαισθησίας κάθε μεμονωμένης κοιλότητας στη βροχόπτωση, όπως προσδιορίστηκε στο πρώτο επίπεδο. Αυτό γίνεται υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει αποστράγγιση από τις κοιλότητες και ότι η

αδιαπερατότητα της λεκάνης απορροής είναι 100%. Χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία 'Identify Bluespot Features' ώστε να προσδιοριστούν οι περιοχές που θα εμφανίσουν τις κοιλότητες σε ενδεχόμενη βροχόπτωση. Το μοντέλο αποκλείει κοιλότητες με χωρητικότητα μικρότερη του 1 κυβικού μέτρου και βάθος μικρότερο των 5 εκατοστών καθώς αυτές οι τιμές μετατρέπονται σε επιφανειακή απορροή. Επίσης κατά την ανάλυση του χάρτη, διαπιστώνεται ότι κάθε bluespot διαθέτει ένα μοναδικό σημείο εκροής και μια αντίστοιχη τοπική λεκάνη απορροής. Επιπλέον, σύμφωνα με τον ορισμό του, υπάρχει ένα μόνο ρεύμα που αναλαμβάνει τη μεταφορά του νερού από το ένα σημείο στο άλλο κατά τη διάρκεια της υπερχειλίσης.

Χάρτης 3: Bluespots



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Το μοντέλο παράγει ένα layer με όνομα BSDepths που μας δείχνει το βάθος της κάθε κοιλότητας όταν αυτή γεμίσει. Για την καλύτερη οπτικοποίηση των δεδομένων τα βάθη διαβαθμίστηκαν σε 5 κατηγορίες όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη. Με πράσινο χρώμα παρουσιάζονται τα πολύ ρηχά και με κόκκινο τα πιο βαθιά.

Χάρτης 4: BSDepths

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας χαρακτηριστικών (attribute table) του layer bluespots. Τα πεδία που απεικονίζονται στις στήλες του είναι: ο αναγνωριστικός αριθμός της κοιλάτητας (Bluespot ID), η χωρητικότητα μέχρι να υπερχειλίσει (Capacity), το μέγιστο βάθος (Max Depth), η τοπική λεκάνη απορροής (Watershed Area) και η ποσότητα βροχόπτωσης που απαιτείται για να γεμίσει ένα Bluespot (Fill Up).

Πίνακας 11: Πίνακας χαρακτηριστικών του layer bluespots

BluespotID	Capacity	MaxDepth	Watershed Area	FillUp
1	2,7446	0,3716	56338	0,0487
2	2,6274	0,3428	91	28,873
3	1,0529	0,0875	1728	0,6093
4	1,2554	0,0985	663	1,8935
5	1,916	0,2861	26480	0,0724
6	1,2428	0,574	1003	1,2391
7	104,9408	1,4594	331331	0,3167
8	16,0093	0,4796	1288	12,4296
9	2,0468	0,1334	721	2,8389
10	1,3459	0,113	1828	0,7363
11	3,7638	0,3886	244	15,4253
12	2,0214	0,2595	2977	0,679

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Το τρίτο επίπεδο περιλαμβάνει ένα υδροδυναμικό μοντέλο 1D-1D των επιφανειακών ταμιευτήρων και κοιλοτήτων, το οποίο χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των διαδρομών ροής, των λεκανών απορροής και των λιμνών σε μια περιοχή υψηλού κινδύνου. Με αυτόν τον τρόπο λαμβάνεται υπόψη η ροή του νερού στην επιφάνεια. Τα βέλη της κατεύθυνσης ροής των ρεμάτων δείχνουν την κατεύθυνση της κατάντη ροής από μια κοιλότητα στην αμέσως υψομετρικά χαμηλότερη από αυτή.

Χάρτης 5: Κατάντης Ροής

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Επιπλέον, ο κίνδυνος πλημμύρας από άνοδο της στάθμης του νερού των ποταμών μπορεί να υπολογιστεί, αυξάνοντας σταδιακά τη στάθμη του ποταμού σε ένα δεδομένο επίπεδο και καταγράφοντας μέχρι πού φτάνει το νερό προς την ενδοχώρα. Τα αναχώματα λειτουργούν ως φράγματα, εφόσον η στάθμη του νερού δεν υπερβαίνει το ανώτατο όριό τους.

Πίνακας 12: : Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Streams'

Shape Length	Bluespot ID Start	Bluespot ID End
27,6569	2	28737
159,184	5	28738
146,752	4	28739
255,517	6	28740
188,498	8	20
37,799	10	3
63,9411	11	28741
43,6274	9	28742
61,5563	13	28743
125,368	12	41
47,8406	15	28744

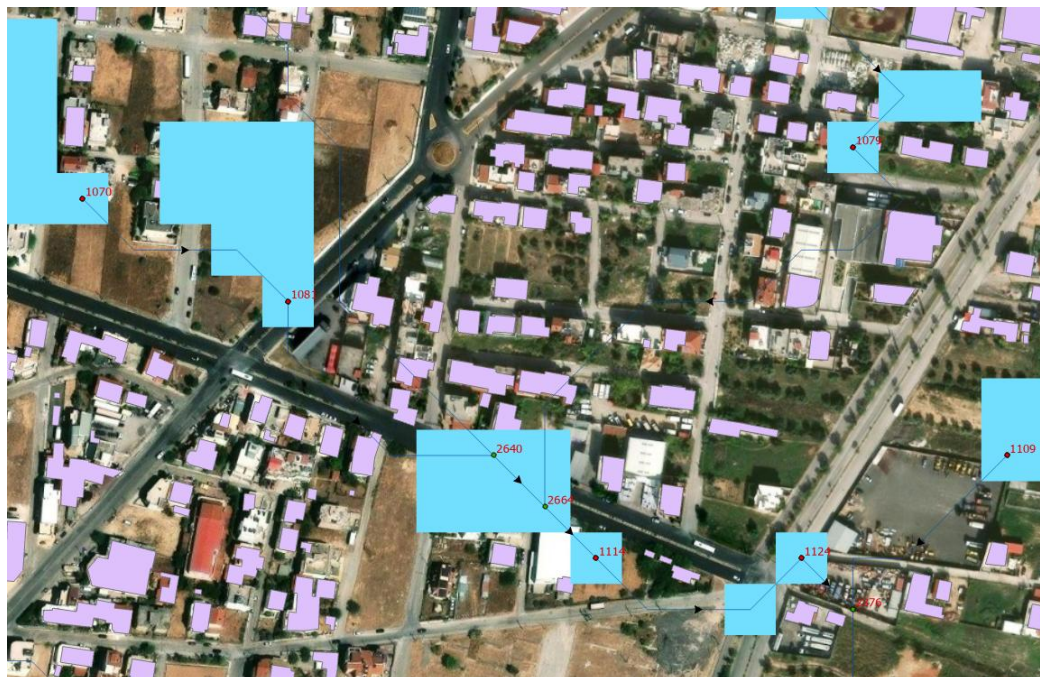
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Τα παραπάνω πεδία είναι: το μήκος του ρέματος (Shape Length), το σημείο αφετηρίας της ροής (Bluespot ID Start) και το σημείο τερματισμού της ροής (Bluespot ID End).

Το εργαλείο "Create Nodes and Edges" δημιουργεί ένα επιπλέον αρχείο που προετοιμάζει το υδρογραφικό δίκτυο για την ανίχνευση της συσσωρευμένης κατάντη ροής από ένα bluespot σε άλλο, ακολουθώντας τη διαδρομή της ροής που καθορίζουν τα ρέματα που συνδέουν τα bluespots. Σημειώνεται ότι οι ροές εκτός της περιοχής μελέτης ή εκείνες που κατευθύνονται προς αυτήν δεν λαμβάνονται υπόψη. Για να καταστεί δυνατή η ανίχνευση της ροής, πρέπει να κατασκευαστεί η τοπολογία του δικτύου και να καθοριστεί η συνδεσιμότητά του. Το σημείο εκροής (Pour Point) ορίζει την αφετηρία των ρεμάτων στο δίκτυο, αλλά είναι επίσης απαραίτητο να είναι γνωστά τα σημεία στα οποία καταλήγουν οι χαρακτηριστικές γραμμές. Εάν ένα ρέμα συνεχίζει απευθείας από ένα bluespot σε ένα κατάντη bluespot, τότε το χαρακτηριστικό γραμμής του ρέματος τελειώνει εκεί. Ωστόσο, όταν δύο ρέματα διασταυρώνονται, μπορεί να είναι αναγκαία η δημιουργία ενός νέου κόμβου στη διασταύρωση, ώστε να συμπεριληφθεί στη δομή του υδρολογικού δικτύου.

Στην παρακάτω εικόνα το σημείο εκροής συμβολίζεται με μία κόκκινη κουκίδα και το σημείο που συνδέονται οι δύο ροές με μία πράσινη.

[91]

Χάρτης 6: Δημιουργία Κόμβων

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Στη συνέχεια αφότου δημιουργήθηκε το υδρογραφικό δίκτυο των κοιλοτήτων που αποτελείται από τα σημεία εκροής τους, τους κόμβους διασταύρωσής τους και τα ρέματα τα οποία τα συνδέουν, καθορίστηκαν τα διάφορα σενάρια της βροχόπτωσης για να γίνουν οι επόμενοι υπολογισμοί. Με τη βοήθεια του εργαλείου 'Prepare Spillover Fields' το οποίο τοποθετεί επιπρόσθετα πεδία πληροφορίας στον πίνακα χαρακτηριστικών του πεδίου των κόμβων διασταύρωσης (Nodes) ώστε για κάθε σενάριο βροχής να παρακολουθείται η εισροή και η εκροή των Bluespots. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ως παράμετροι τέθηκαν σενάρια βροχοπτώσεων που ξεκινούν από 20 mm αυξάνοντας ανά 10mm μέχρι να φτάσουν τα 100 mm. Με αυτόν τον τρόπο εξετάστηκαν ρεαλιστικά γεγονότα που συμβαίνουν στη περιοχή ετησίως και επίσης συμπεριλήφθηκαν και ακραία γεγονότα βροχής που συμβαίνουν μία φορά στα 1000 χρόνια.

Το τέταρτο επίπεδο αφορά τα σημεία υπερχείλισης που με τη χρήση του εργαλείου 'Spillover Batch' το οποίο προσθέτει τέσσερις νέες στήλες για κάθε ένα από τα 9 σενάρια βροχής (20-100mm), με αποτέλεσμα τη δημιουργία συνολικά 36 νέων

στηλών στο layer 'Nodes'. Ο πίνακας του layer 'Nodes' περιλαμβάνει δεδομένα σχετικά με τα γεγονότα βροχής, για τα οποία ισχύει η εξίσωση: $SpillOverOut = SpillOverIn + RainVolume - Capacity$

Αυτό σημαίνει ότι το νερό που εκρέει από ένα Bluespot κατά την υπερχείλιση ισούται με το ποσό του νερού που παραμένει εντός του Bluespot (πριν την υπερχείλιση), συν τον όγκο του νερού που εισέρχεται σε αυτό από το σενάριο βροχής, μείον τη χωρητικότητά του. Συνεπώς, για το σενάριο βροχής των 80mm, η εξίσωση διαμορφώνεται ως εξής: $SpillOverOut80mm = SpillOverIn80mm + RainVolume80mm - Capacity$

Το πέμπτο επίπεδο αφορά τον υπολογισμό της ελάχιστη βροχόπτωση που οδηγεί ένα Bluespot να υπερχειλίσει. Στον πίνακα χαρακτηριστικών του Layer 'Nodes' δημιουργείται μία στήλη με τίτλο 'FilledEventmm' που οι τιμές που παίρνει υποδηλώνουν την στιγμή που ένα Bluespot ξεκινάει να υπερχειλίζει σε κάθε σενάριο βροχόπτωσης. Το εργαλείο έχει δώσει την τιμή -1 σε κάποια Bluespots, τα οποία έχουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα και δεν υπάρχει περίπτωση να γεμίσουν ακόμη και στα πιο ακραία σενάρια που εξετάστηκαν.

Πίνακας 13: Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Pour Points'

Bluespot ID	Z	Watershed Area	Capacity	FillUp
1	163	1067	18,3552	17,2026
2	173	30130	4,995	0,1658
3	177	844	1,4841	1,7584
4	164	399	4,5883	11,4995
5	169	778	13,0622	16,7894
6	166	4809	6,1294	1,2746
7	165	304	1,371	4,5099
8	166	1666	7,9313	4,7607
9	173	1453	107,042	73,6697
10	168	2117	2,3244	1,098
11	168	200	8,6059	43,0296
12	188	72045	4,7552	0,066

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Τα παραπάνω πεδία είναι: ο αριθμός του σημείου εκροής που ταυτίζεται με το εκάστοτε bluespot (Bluespot ID), Το ύψος του σημείου Υπερχείλισης (Z), η τοπική λεκάνη απορροής (Watershed Area) και τέλος η ποσότητα βροχόπτωσης που απαιτείται για να γεμίσει το Bluespot (Fill Up).

Πίνακας 14: Πίνακας Χαρακτηριστικών του επιπέδου 'Nodes'

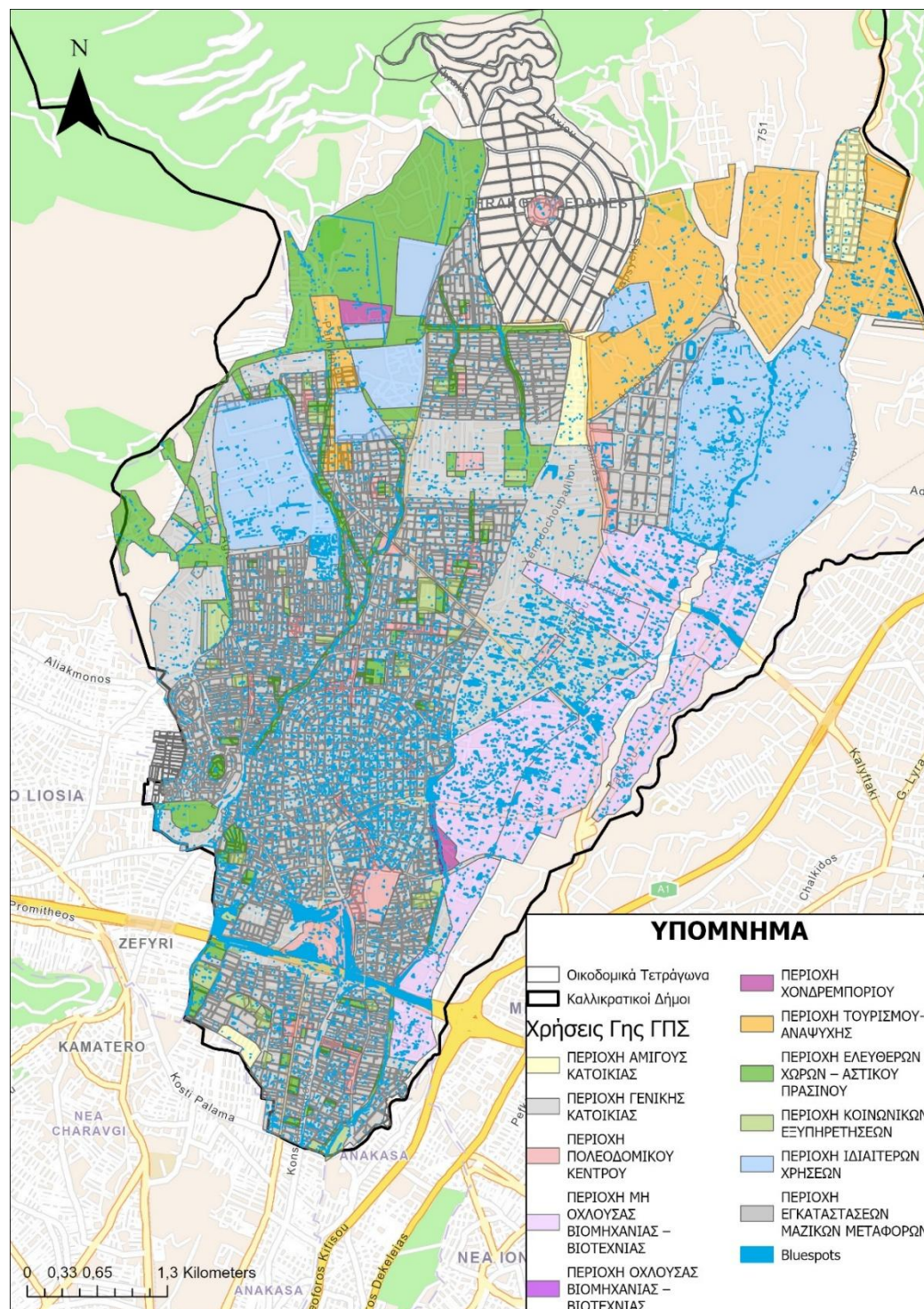
Bluespot ID	Z	Watershed Area	Capacity	Max Depth	FillUp	Rain Volume 20mm	Actual Volume 20mm	Spill Over In 20mm	Spill Over Out 20mm	Rain Volume 30mm
1	163	1067	18,3552	0,2878	17,2026	21,34	18,3552	0	2,9848	32,01
2	173	30130	4,9950	0,1993	0,1658	602,6	4,9950	0	597,6050	903,9
3	177	844	1,4841	0,1190	1,7584	16,88	1,4841	0	15,3959	25,32
4	164	399	4,5883	0,1135	11,4995	7,98	4,5883	0	3,3917	11,97
5	169	778	13,0622	0,5266	16,7894	15,56	13,0622	0	2,4978	23,34
6	166	4809	6,1294	0,3767	1,2746	96,18	6,1294	0	90,0506	144,27
7	165	304	1,3710	0,0836	4,5099	6,08	1,3710	0	4,7090	9,12
8	166	1666	7,9313	0,2494	4,7607	33,32	7,9313	0	25,3887	49,98
9	173	1453	107,0421	2,0129	73,6697	29,06	29,0600	0	0	43,59
10	168	2117	2,3244	0,0822	1,0980	42,34	2,3244	121,3616	161,3772	63,51
11	168	200	8,6059	0,3560	43,0296	4	4	0	0	6
12	188	72045	4,7552	0,4623	0,0660	1440,9	4,7552	0	1436,1448	2161,35

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Τα παραπάνω πεδία είναι: Τα πεδία του Bluespot και επιπλέον την ποσότητα του νερού που εισέρχεται στο bluespot ανάλογα με το σενάριο της βροχόπτωσης ($\text{Rain Volume} \times \text{mm}$), όπου το χ στη συγκεκριμένη περίπτωση παίρνει τιμές από 20mm και αυξάνεται κατά 10mm μέχρι να φτάσει τα 100mm. Η χωρητικότητα ($\text{Actual Volume} \times \text{mm}$), η απομένουσα ποσότητα νερού μέσα στο bluespot ($\text{Spill Over In} \times \text{mm}$) και η ποσότητα του νερού που διαχέεται έξω από το bluespot ($\text{Spill Over Out} \times \text{mm}$) όταν αυτό υπερχειλίζει.

4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ο ακόλουθος χάρτης απεικονίζει την αποτύπωση των χρήσεων γης σε συνδυασμό με τα bluespots, όπως προέκυψαν από το μοντέλο. Σε μια συνολικότερη θεώρηση, διαπιστώνεται ότι αρκετές ζώνες εντός της περιοχής μελέτης παρουσιάζουν προβλήματα πλημμυρικού κινδύνου.

Χάρτης 7: Θιγόμενες χρήσεις γης από τα Bluespots

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

Ο παραπάνω χάρτης παρουσιάζει την κατανομή των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης, επικαλυπτόμενη με τα bluespots, δηλαδή τα σημεία όπου παρουσιάζεται αυξημένη πιθανότητα επιφανειακής συγκέντρωσης ομβρίων υδάτων. Τα bluespots αποτυπώνουν περιοχές υψηλού πλημμυρικού κινδύνου. Από μια συνολική θεώρηση, διαπιστώνεται ότι σημαντικό ποσοστό της επιφάνειας του Δήμου εμπίπτει σε αυτές τις ζώνες, γεγονός που καθιστά την ανάγκη για ολοκληρωμένο σχεδιασμό αντιμετώπισης πλημμυρικών φαινομένων.

Η παρουσία των bluespots είναι εκτεταμένη και ιδιαίτερα έντονη στο νότιο και κεντρικό τμήμα του χάρτη, δηλαδή στις περιοχές με πυκνή οικιστική ανάπτυξη. Το γεγονός αυτό ενισχύει την εκτίμηση ότι ο πληθυσμός που διαμένει στις περιοχές που στον χάρτη έχουν χρήση Γενικής Κατοικίας είναι δυνητικά εκτεθειμένος σε φαινόμενα πλημμύρας. Επιπλέον, παρατηρείται ότι οι περιοχές κοινωνικών εξυπηρετήσεων, όπου στεγάζονται σχολικές μονάδες, κοινωνικές δομές και άλλες κρίσιμες υποδομές είναι πλημμυρικά θιγόμενες. Συνεπώς, η ύπαρξη πλημμυρικού κινδύνου στις εν λόγω περιοχές δεν επηρεάζει μόνο τον οικιστικό ιστό αλλά και την καθημερινή λειτουργία του αστικού περιβάλλοντος, με άμεσες κοινωνικές προεκτάσεις.

Αξιοσημείωτη είναι επίσης η επικάλυψη των bluespots με περιοχές ειδικών χρήσεων, όπως ζώνες βιοτεχνίας, μεταφορών και εγκαταστάσεων κοινής ωφέλειας. Η παρουσία πλημμυρικών εστιών σε αυτές τις περιοχές δύναται να διαταράξει κρίσιμες λειτουργίες της πόλης, όπως η κυκλοφορία, η παραγωγική δραστηριότητα και η παροχή υπηρεσιών. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις βιομηχανικές ζώνες (ροζ και μωβ αποχρώσεις στον χάρτη), οι οποίες φιλοξενούν εγκαταστάσεις μεγάλης σημασίας, των οποίων η λειτουργία είναι κρίσιμη για την τοπική οικονομία.

Παρατηρείται επίσης ότι η οικιστική ανάπτυξη έχει επεκταθεί σε περιοχές με φυσική ροπή στη συγκέντρωση υδάτων, χωρίς να έχει προηγηθεί επαρκής πρόβλεψη για την απορροή και αποστράγγιση των ομβρίων. Ειδικά περιοχές όπως το Ζεφύρι, ο Άνακας και τα ανατολικά όρια του Δήμου παρουσιάζουν σημαντική εμφάνιση bluespots σε περιοχές κατοικιών, κάτι που αναδεικνύει την ανάγκη για λήψη μέτρων στο πλαίσιο του πολεοδομικού σχεδιασμού. Η έλλειψη αστικού πρασίνου και η εκτεταμένη κάλυψη του εδάφους με σκληρές επιφάνειες εντείνουν το φαινόμενο.

Συνολικά, ο χάρτης παρουσιάζει έναν έντονο χωρικό συγχρωτισμό μεταξύ περιοχών υψηλής τρωτότητας και πλημμυρικών εστιών.

Η ανάλυση αυτή ενισχύει τη θέση ότι ο σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης και των επιπτώσεών της δεν μπορεί να αποσπαστεί από τη χωρική και κοινωνική πραγματικότητα των πόλεων. Αντίθετα, απαιτείται μια ολοκληρωμένη και προληπτική προσέγγιση, που να λαμβάνει υπόψη τόσο τις φυσικές ροές όσο και την υφιστάμενη δόμηση.

4.7 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΧΑΡΝΩΝ

Η διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων σε αστικές περιοχές, όπως ο Δήμος Αχαρνών, απαιτεί ένα συνδυασμό τεχνικών παρεμβάσεων, θεσμικών εργαλείων και στρατηγικού σχεδιασμού, προκειμένου να επιτευχθεί ουσιαστική μείωση της επικινδυνότητας και αύξηση της ανθεκτικότητας του αστικού χώρου. Στην περίπτωση του Δήμου Αχαρνών, αν και έχουν υλοποιηθεί ορισμένα έργα υποδομής και υφίστανται επιμέρους πολιτικές, η συνολική αποτίμηση φανερώνει σημαντικά ελλείμματα σε επίπεδο σχεδιασμού, εφαρμογής και πολυλειτουργικότητας των παρεμβάσεων.

Κατά τα τελευταία έτη, έχουν εκτελεστεί τεχνικά έργα απορροής ομβρίων και αντιπλημμυρικής προστασίας, κυρίως γύρω από το ρέμα Εσχατιάς, το οποίο αποτελεί τον κεντρικό αποδέκτη επιφανειακών υδάτων του Δήμου. Έργα όπως η διευθέτηση και η τσιμεντοποίηση της κοίτης, η κατασκευή υπόγειας σήραγγας αγωγών και η ενίσχυση της παροχευτικότητας, σχεδιάστηκαν ώστε να προλάβουν πλημμυρικά φαινόμενα μεγάλης έντασης. Επιπρόσθετα, σε περιοχές του αστικού ιστού πραγματοποιήθηκαν μικρές παρεμβάσεις με φρεάτια, αγωγούς και συμπληρωματικά τεχνικά μέτρα, ιδίως κατά μήκος βασικών αξόνων κυκλοφορίας όπως η Λεωφόρος Καραμανλή.

Ωστόσο, παρά την τεχνική τους συμβολή, τα έργα αυτά παρουσιάζουν σημαντικούς περιορισμούς. Καταρχάς, εντάσσονται στην κατηγορία των «σκληρών λύσεων» (grey infrastructure), οι οποίες εστιάζουν στη διοχέτευση των υδάτων χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη φυσική ανακύκλωση και τη διατήρηση του οικολογικού χαρακτήρα του τοπίου. Δεν προβλέπουν πράσινες ή πολυλειτουργικές χρήσεις, δεν ενσωματώνουν κοινωνικά οφέλη, ούτε περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως η βιοποικιλότητα και η μικροκλιματική ρύθμιση. Επιπλέον, η περιορισμένη συντήρηση και η έλλειψη προληπτικών μηχανισμών (όπως καθαρισμοί, έλεγχοι λειτουργικότητας, συστήματα έγκαιρης ειδοποίησης) μειώνουν την αποδοτικότητά τους με την πάροδο του χρόνου.

Το Τοπικό Πολεοδομικό Σχέδιο του Δήμου είναι σε εξέλιξη. Παράλληλα, δεν υπάρχει ολοκληρωμένο Σχέδιο Αντιμετώπισης Πλημμυρών με διακριτές προβλέψεις για ευάλωτες περιοχές, σενάρια κλιματικής μεταβλητότητας ή συμμετοχικές δράσεις πολιτικής προστασίας.

Καθίσταται σαφές ότι απαιτείται μια ριζική μετατόπιση της προσέγγισης: από τις απομονωμένες τεχνικές παρεμβάσεις προς ένα σύστημα βιώσιμης και ανθεκτικής διαχείρισης του κινδύνου, όπου οι NBS θα αποτελούν κεντρικό άξονα του σχεδιασμού. Η ενσωμάτωση των NBS στα Τοπικά Πολεοδομικά Σχέδια, η αξιοποίηση των φυσικών χαρακτηριστικών του τοπίου, η ενεργοποίηση των τοπικών κοινωνιών και η δημιουργία θεσμικών μηχανισμών συνεργασίας μεταξύ όλων των επιπέδων διοίκησης, μπορούν να θέσουν τις βάσεις για έναν νέο τύπο αστικής πολιτικής που θα απαντά στις ανάγκες του παρόντος και τις προκλήσεις του μέλλοντος.

4.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ NATURE-BASED SOLUTIONS ΣΤΟΝ ΔΗΜΟ ΑΧΑΡΝΩΝ

Η υιοθέτηση Λύσεων Βασισμένων στη Φύση (Nature-Based Solutions – NBS) στον Δήμο Αχαρνών αποτελεί ένα ιδιαίτερα κρίσιμο εργαλείο για την ολιστική αντιμετώπιση περιβαλλοντικών, κοινωνικών και πολεοδομικών προκλήσεων. Σύμφωνα με τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, οι NBS συνίστανται σε παρεμβάσεις εμπνευσμένες από τη φύση που αξιοποιούν τις οικολογικές λειτουργίες των τοπίων για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως η κλιματική αλλαγή, η υποβάθμιση του

περιβάλλοντος, η απώλεια βιοποικιλότητας και οι φυσικές καταστροφές (European Commission, 2015).

Ο Δήμος Αχαρνών χαρακτηρίζεται από έντονη αστικοποίηση, πολεοδομικές ανισότητες και την παρουσία σημαντικών φυσικών στοιχείων, όπως ρέματα και περιαστικό πράσινο. Το πολυδιάστατο αυτό περιβάλλον προσφέρει ευνοϊκές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων NBS, με στόχο την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των υποδομών, τη μείωση των πλημμυρικών κινδύνων και την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας στον αστικό και περιαστικό ιστό.

4.8.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Κομβικής σημασίας παρέμβαση αποτελεί η αποκατάσταση του ρέματος Εσχατιάς, το οποίο διατρέχει κρίσιμες περιοχές του δήμου και έχει υποστεί σημαντικές τεχνητές αλλοιώσεις. Η επαναφυσικοποίηση του ρέματος σε επιλεγμένα τμήματα, μέσω απομάκρυνσης σκυροδέματος, δημιουργίας φυτεμένων πρανών και ενσωμάτωσης γραμμικών πάρκων, μπορεί να συμβάλει στη μείωση της ταχύτητας ροής των υδάτων, στην αύξηση της ικανότητας κατακράτησης και διήθησης, καθώς και στην αποκατάσταση της οικολογικής και πολιτιστικής σύνδεσης της πόλης με το υδατικό στοιχείο (ΕΕΑ, 2021).

Πέραν των ανωτέρω, προτείνεται η εφαρμογή τριών βασικών κατηγοριών NBS, συνδεδεμένων με τα αποτελέσματα του μοντέλου BlueSpot:

Οι παρεμβάσεις προτεραιοποιήθηκαν με βάση τέσσερα βασικά κριτήρια: (α) τη χωρική αντιστοίχιση με τις περιοχές υψηλής τρωτότητας όπως προέκυψαν από τη μοντελοποίηση, (β) τη διαθεσιμότητα κοινόχρηστων εκτάσεων ή δημοσίων κτιρίων για υλοποίηση, (γ) τη δυνατότητα πολλαπλών ωφελειών (περιβαλλοντικών, κοινωνικών, οικονομικών) και (δ) τη συμβατότητα με τις προβλέψεις των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων. Έτσι, προτιμήθηκαν λύσεις με άμεση εφαρμοσιμότητα και δυνατότητα πιλοτικής δοκιμής.

- **Κατασκευή υπόγειων δεξαμενών κατακράτησης ομβρίων** σε κοινόχρηστους χώρους στις περιοχές της Λ. Δημοκρατίας και του Κάτω Αχαρνών, όπου παρατηρούνται εκτεταμένα bluespots.
- **Πράσινες οροφές και κατακόρυφοι κήποι** σε σχολικά συγκροτήματα και δημόσια κτήρια κοντά στο Μενίδι, με στόχο τη μείωση απορροής και τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- **Ανάπλαση αστικών ρεμάτων με φυτεύσεις και πορώδη υλικά** (π.χ. ρέμα Αγίου Νικολάου), ώστε να επανέλθει η φυσική λειτουργία του ρέματος και να δημιουργηθεί ζώνη απορρόφησης πλημμυρικών υδάτων, συμβατή με τον κανονισμό ζώνης προστασίας (ΖΔΥΚΠ).

Η επιτυχία της στρατηγικής εφαρμογής των NBS εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ενσωμάτωσή τους στα Τοπικά Πολεοδομικά Σχέδια (Τ.Π.Σ.) και από την αξιοποίηση κατάλληλων χρηματοδοτικών εργαλείων, όπως το Πράσινο Ταμείο, το πρόγραμμα LIFE, τα ΕΣΠΑ και ευρωπαϊκά προγράμματα καινοτομίας. Η διατομεακή συνεργασία μεταξύ δήμου, επιστημονικής κοινότητας και πολιτών συνιστά προϋπόθεση για την ανθεκτικότητα και μακροχρόνια βιωσιμότητα των παρεμβάσεων.

4.8.2 ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Με βάση τις κυρίαρχες χρήσεις γης, την πυκνότητα των bluespots και τη φυσική γεωμορφολογία, διαμορφώνονται τέσσερις βασικές κατηγορίες ζωνών, στις οποίες διαφοροποιούνται οι επιτρεπόμενες και μη επιτρεπόμενες παρεμβάσεις.

Περιοχές με έντονο φυσικό χαρακτήρα, όπως οι ελεύθεροι χώροι και τα ρέματα, καθώς και στις περιοχές αστικού πρασίνου, προτείνεται η εφαρμογή λύσεων που βασίζονται στη φύση (Nature-Based Solutions – NBS). Σε αυτές τις ζώνες μπορούν να υλοποιηθούν παρεμβάσεις ήπιου χαρακτήρα όπως γραμμικά πάρκα, φυσικά κανάλια απορροής, συστήματα κατακράτησης όμβριων (π.χ. rain gardens και bioswales), δένδροφυτεύσεις και πράσινες διαπερατές επιφάνειες. Στόχος είναι η ανάσχεση της ροής, η βελτίωση της απορρόφησης και η ενίσχυση της οικολογικής

συνέχειας του τοπίου. Δεν επιτρέπεται όμως η δόμηση, η τσιμεντοποίηση ή η τεχνητή διευθέτηση των φυσικών ρεμάτων, καθώς και οποιαδήποτε παρέμβαση που θα επιτείνει τον κίνδυνο απορροής ή θα αλλοιώσει την υφιστάμενη οικολογική ισορροπία.

Ζώνες ανάσχεσης ροής, όπως τμήματα της οδικής υποδομής, περιοχές ελεύθερων εκτάσεων ή χαμηλού υψομέτρου όπου παρατηρείται συγκέντρωση bluespots, επιτρέπονται παρεμβάσεις τεχνικού χαρακτήρα με στόχο την επιβράδυνση ή τη διάχυση της απορροής. Τέτοιες παρεμβάσεις περιλαμβάνουν δεξαμενές αποθήκευσης, αναβάθμιση του υδροσυλλεκτικού δικτύου και φυτεύσεις κατά μήκος οδών με φιλικά προς το νερό είδη. Απαγορεύεται όμως η περαιτέρω αύξηση των στεγανών επιφανειών, η αυθαίρετη κατάληψη των διαδρομών του νερού και οι δομικές παρεμβάσεις χωρίς πρόβλεψη αντιπλημμυρικής προστασίας.

Περιοχές κατοικίας, κοινωνικών εξυπηρετήσεων και μεικτών χρήσεων, ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένα τμήματα με ελλιπές πράσινο, είναι κρίσιμο να ενισχυθούν τα σημεία μικρής κλίμακας πρασίνου. Σε αυτές τις ζώνες μπορούν να υλοποιηθούν πράσινες στέγες, μικρά πάρκα απορρόφησης νερού, συστήματα κατακράτησης σε σχολεία, αυλές και κοινόχρηστους χώρους. Η τοπική απορρόφηση των όμβριων υδάτων είναι βασικό στοιχείο της στρατηγικής. Δεν επιτρέπεται όμως η εφαρμογή παρεμβάσεων μεγάλης κλίμακας (π.χ. νέες φυτεύσεις δασικού χαρακτήρα ή υδροτεχνικά έργα υψηλής επέμβασης), καθώς και η εγκατάσταση μη αποστραγγιζόμενων επιφανειών σε πλατείες και πεζόδρομους.

Ζώνες βιομηχανίας και εμπορίου, οι οποίες είναι συχνά εκτεθειμένες αλλά και οικονομικά κρίσιμες, προτεραιότητα δίνεται σε ενεργητικά μέτρα προστασίας. Επιτρέπονται παρεμβάσεις όπως τεχνικά έργα διευθέτησης ροής, υπόγειες δεξαμενές, αντλιοστάσια και διαμορφώσεις για ανύψωση κτιριακών μονάδων. Οι παρεμβάσεις αυτές πρέπει να εντάσσονται σε γενικό σχέδιο διαχείρισης κινδύνου. Δεν επιτρέπεται όμως η αυθαίρετη διαμόρφωση εδάφους χωρίς περιβαλλοντική μελέτη ή η επέκταση δομών εντός ευάλωτων σημείων χωρίς ειδική πρόβλεψη αποστράγγισης.

Η εν λόγω χωρική διαβάθμιση των παρεμβάσεων επιτρέπει την ευθυγράμμιση του σχεδιασμού με τη φυσική δυναμική του τοπίου, διασφαλίζει την προτεραιότητα του δημόσιου συμφέροντος και ενισχύει την ανθεκτικότητα του Δήμου Αχαρνών απέναντι

στους αυξανόμενους κινδύνους που σχετίζονται με την κλιματική κρίση και τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Λειτουργικές ζώνες παρέμβασης

Με βάση τα γεωμορφολογικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά του Δήμου, είναι εφικτός ο διαχωρισμός σε λειτουργικές ζώνες παρέμβασης:

- ο **Αστικός πυρήνας (Κέντρο Αχαρνών)**: Περιοχή υψηλής πυκνότητας με χαμηλό ποσοστό διαπερατών επιφανειών και σημαντική απορροή. Ενδείκνυνται παρεμβάσεις όπως πράσινες στέγες, δεξαμενές συγκράτησης όμβριων και rain gardens.
- ο **Περιαστικές περιοχές (Θρακομακεδόνες)**: Οικιστικές ζώνες με επαφή με το φυσικό τοπίο, κατάλληλες για δημιουργία πράσινων υποδομών και linear wetlands.
- ο **Παραρεμάτιες περιοχές**: Περιοχές υψηλής πλημμυρικής επικινδυνότητας που μπορούν να φιλοξενήσουν πράσινες διαδρομές ανάσχεσης, αναβαθμίσεις φυσικής κοίτης και ζώνες πλημμυρικής εκτόνωσης.
- ο **Ορεινές ζώνες απορροής**: Χώροι απορροής και συλλογής υδάτων, κατάλληλοι για φράγματα καθυστέρησης και αναδασώσεις.

4.8.3 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ NBS ΣΤΟΝ ΤΟΠΙΚΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Οι προτεινόμενες λύσεις που βασίζονται στη φύση (NBS) μπορούν να ενσωματωθούν στο Τοπικό Πολεοδομικό Σχέδιο, αξιοποιώντας σύγχρονα εργαλεία και κατευθύνσεις που προβλέπονται από τον Ν.4759/2020 (Νέος Χωροταξικός και Πολεοδομικός Νόμος). Ο νόμος δίνει έμφαση στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας μέσω των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων, προβλέποντας ειδικές ρυθμίσεις για κοινόχρηστους χώρους πρασίνου, αστικό περιβαλλοντικό εξοπλισμό και παρεμβάσεις ήπιας πολεοδομικής αναμόρφωσης. Η ενσωμάτωση των NBS μπορεί να υποστηριχθεί και από τις ρυθμίσεις για τις Ζώνες Περιβαλλοντικού Ελέγχου και τις Ζώνες Ειδικής Χωρικής Παρέμβασης.

Ειδικότερα, η ενσωμάτωση των NBS στον σχεδιασμό του Δήμου Αχαρνών μπορεί να λάβει τις εξής μορφές:

- ο Μέσω θεσμοθέτησης **Ζωνών Ανθεκτικότητας/Περιορισμένης Δόμησης**, σε περιοχές με υψηλή επικινδυνότητα bluespot, όπως αυτές προκύπτουν από την ανάλυση GIS. Οι περιοχές αυτές θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για ανάπτυξη αστικού πρασίνου ή κατασκευή έργων επιβράδυνσης απορροής.
- ο Ένταξη των NBS ως **κριτήριο στις στρατηγικές περιβαλλοντικές αξιολογήσεις (Σ.Μ.Π.Ε.)** των προβλεπόμενων χρήσεων γης. Με βάση το άρθρο 4 του Ν.4759/2020, η περιβαλλοντική διάσταση πρέπει να συνεκτιμάται στον σχεδιασμό χρήσεων, και τα NBS αποτελούν εργαλείο ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας του χώρου.
- ο **Δέσμευση οικοπέδων ή υφιστάμενων κοινόχρηστων εκτάσεων** για δημιουργία πράσινων υποδομών μέσω εργαλείων όπως Κοινόχρηστοι Χώροι, Ζώνες Πρασίνου ή Πράσινες Διαδρομές, οι οποίες μπορούν να θεσμοθετηθούν στο ρυμοτομικό σχέδιο. Οι πράσινες διαδρομές μπορούν να συνδέουν υφιστάμενα πάρκα και δημόσια κτήρια, σχηματίζοντας δίκτυο διαχείρισης ομβρίων.
- ο Προβλέψεις για **επαναχρησιμοποίηση αστικού νερού και συγκράτηση ομβρίων**, π.χ. μέσω υποδομών σε σχολεία, πλατείες και ανενεργά δημοτικά οικόπεδα. Η χρήση υδατοπερατών επιφανειών, υπόγειων δεξαμενών και βιοκλιματικών στοιχείων μπορεί να ενταχθεί στο στάδιο πολεοδομικών κατευθύνσεων.

4.9 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΜΕΣΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟ ΚΙΝΔΥΝΟ

Η χαρτογράφηση των περιοχών άμεσης παρέμβασης για την αντιμετώπιση του πλημμυρικού κινδύνου στον Δήμο Αχαρνών πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού ArcGIS Pro, εφαρμόζοντας χωρική ανάλυση raster και πολυκριτηριακή ιεράρχηση.

Βήμα 1: Ανάλυση πλημμυρικής επικινδυνότητας με το μοντέλο BlueSpot

Αρχικά, αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του μοντέλου BlueSpot, το οποίο βασίζεται στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και εντοπίζει φυσικές υδρολογικές κοιλότητες — περιοχές στις οποίες είναι πιθανή η συσσώρευση νερού κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Οι κοιλότητες αυτές ταξινομήθηκαν σε πέντε επίπεδα ανάλογα με το μέγιστο εκτιμώμενο βάθος κατακράτησης νερού. Η κατηγορία 1 αντιπροσωπεύει τις μικρότερες και ρηχότερες κοιλότητες, ενώ η κατηγορία 5 περιλαμβάνει τις βαθύτερες και πιο επικίνδυνες.

Βήμα 2: Ιεράρχηση κοινόχρηστων και κοινωφελών χρήσεων

Στη συνέχεια, έγινε αποτύπωση των κοινόχρηστων και κοινωφελών χώρων του δήμου, όπως πάρκα, παιδικές χαρές, σχολεία, αθλητικές εγκαταστάσεις και δομές υγείας. Οι χώροι αυτοί ταξινομήθηκαν επίσης σε πέντε κατηγορίες σημασίας, με βάση τον κοινωνικό τους ρόλο και τη λειτουργική τους σημασία:

- Κατηγορία 1: Πάρκα, χώροι πρασίνου
- Κατηγορία 2–4: Πλατείες, χώροι πολιτισμού και αθλητισμού
- Κατηγορία 5: Σχολεία, κέντρα υγείας και κρίσιμες υποδομές

Βήμα 3: Σύνθεση raster layers και χωρική επικάλυψη

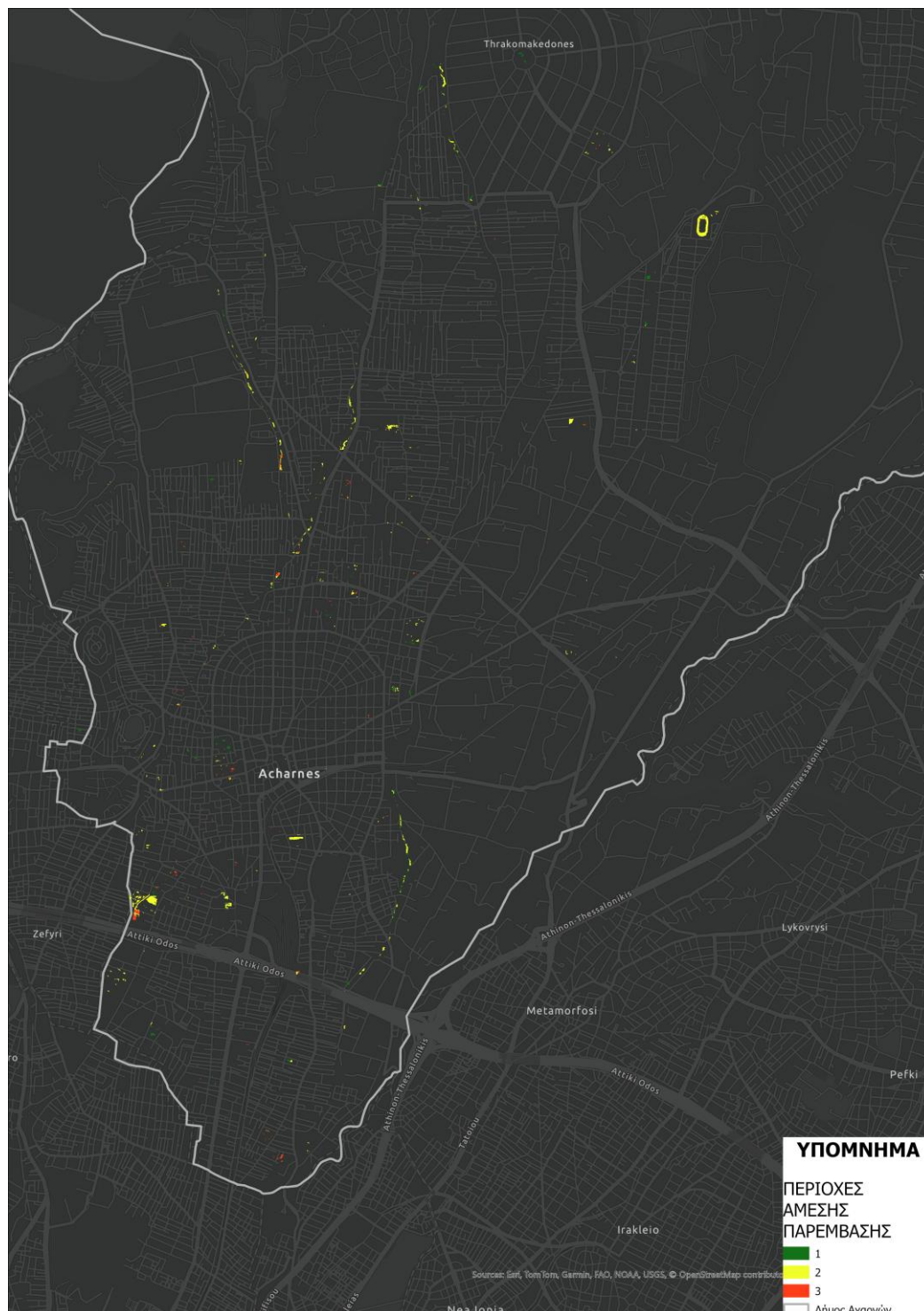
Τα δύο σύνολα δεδομένων μετατράπηκαν σε raster επίπεδα και μέσω εργαλείων χωρικής άλγεβρας πραγματοποιήθηκε συνδυαστική ανάλυση, προκειμένου να

εντοπιστούν οι περιοχές όπου συνυπάρχει υψηλός πλημμυρικός κίνδυνος με υψηλή κοινωνική σημασία της χρήσης γης. Το αποτέλεσμα είναι ένας σύνθετος δείκτης ιεράρχησης, που αναδεικνύει τις περιοχές άμεσης προτεραιότητας για παρέμβαση.

Τελική Χαρτογραφική Απόδοση

Στον παραγόμενο χάρτη αποδίδονται οι περιοχές αυτές με χρωματική διαβάθμιση, από πράσινο (χαμηλότερη προτεραιότητα) έως κόκκινο (υψηλότερη προτεραιότητα παρέμβασης). Η παρουσίαση βασίζεται σε σκούρο υπόβαθρο (dark basemap) που ενισχύει την ορατότητα των κρίσιμων περιοχών. Η επικράτεια του Δήμου Αχαρνών αποδίδεται με σαφές λευκό περίγραμμα, ενώ τα όρια γειτονικών δήμων και κύριοι οδικοί άξονες ενισχύουν τη χωρική κατανόηση του χάρτη.

Η τελική χαρτογραφική σύνθεση λειτουργεί ως εργαλείο υποστήριξης απόφασης για τον εντοπισμό και την προτεραιοποίηση έργων αποστράγγισης, παρεμβάσεων Nature-Based Solutions και άλλων μέτρων αντιμετώπισης πλημμυρικών κινδύνων.

Χάρτης 8: Περιοχές Άμεσης Παρέμβασης

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

4.10 ΣΥΝΟΨΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Το παρόν κεφάλαιο εστίασε στην εφαρμογή της μελέτης περίπτωσης για τον Δήμο Αχαρνών, με στόχο την εκτίμηση και χωρική απεικόνιση του πλημμυρικού κινδύνου και την πρόταση παρεμβάσεων για την ενίσχυση της τοπικής ανθεκτικότητας. Αναλύθηκαν τα γεωμορφολογικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά του δήμου, ενώ παράλληλα εξετάστηκε η κοινωνικοοικονομική του τρωτότητα με βάση πληθυσμιακά και οικιστικά δεδομένα, καθώς και δεδομένα έργων υποδομής.

Η ανάλυση ανέδειξε τις υψηλές πιέσεις που δέχεται η περιοχή λόγω φυσικών συνθηκών (έντονες κλίσεις, απορροές, περιορισμένα φυσικά κανάλια ροής) αλλά και ανθρωπογενών παρεμβάσεων (αστικοποίηση, ανεπαρκής σχεδιασμός, χαμηλή προσβασιμότητα σε βασικές υπηρεσίες). Η εφαρμογή του μοντέλου BlueSpot κατέγραψε τις ζώνες υψηλής συγκέντρωσης όμβριων υδάτων, οι οποίες συσχετίστηκαν με ευπαθείς χρήσεις γης (όπως σχολεία και κέντρα υγείας), οδηγώντας στην ανάδειξη περιοχών που απαιτούν άμεση παρέμβαση.

Η σύνθεση γεωχωρικών δεδομένων (βάθος κοιλοτήτων – bluespots, κοινωνική σημασία χώρων) μέσω raster layers και χωρικής άλγεβρας, κατέληξε στη δημιουργία δείκτη προτεραιότητας, προσφέροντας ένα αντικειμενικό εργαλείο ιεράρχησης μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας. Η χαρτογράφηση των «Περιοχών Άμεσης Παρέμβασης» συμβάλλει στην υποστήριξη στρατηγικών αποφάσεων, συνδέοντας τον πολεοδομικό σχεδιασμό με τις αρχές της πρόληψης, ανθεκτικότητας και βιωσιμότητας.

Συνολικά, το κεφάλαιο τεκμηριώνει την ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο και προσαρμοσμένο στις τοπικές συνθήκες πλαίσιο παρέμβασης, στο οποίο οι λύσεις που βασίζονται στη φύση (Nature-Based Solutions) παίζουν κεντρικό ρόλο για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρικών κινδύνων στον Δήμο Αχαρνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανέδειξε την αναγκαιότητα ενσωμάτωσης της εκτίμησης πλημμυρικού κινδύνου στον πολεοδομικό σχεδιασμό, με περιοχή μελέτης τον Δήμο Αχαρνών. Μέσα από τη σύνθεση επιστημονικής θεωρίας, του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου και της ανάλυσης γεωχωρικών δεδομένων, διαμορφώθηκε ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο που στοχεύει στην ενίσχυση της βιωσιμότητας και της ανθεκτικότητας του αστικού ιστού έναντι των πλημμυρικών φαινομένων. Η εργασία δεν περιορίστηκε σε μια περιγραφική αποτύπωση των υφιστάμενων συνθηκών, αλλά προχώρησε σε ουσιαστική αποτίμηση και κριτική αξιολόγηση των πολιτικών και εργαλείων που εφαρμόζονται ή προβλέπονται στο θεσμικό πλαίσιο, καταδεικνύοντας ελλείμματα, ασυνέχειες και δυνατότητες βελτίωσης.

Βασικός πυλώνας της μεθοδολογίας αποτέλεσε η αξιοποίηση του μοντέλου BlueSpot, το οποίο επέτρεψε τη χαρτογράφηση περιοχών συγκέντρωσης υδάτων με υψηλή ακρίβεια, αναδεικνύοντας κρίσιμα σημεία πλημμυρικής διακινδύνευσης. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με γεωχωρικά δεδομένα, όπως οι κοινόχρηστοι - κοινωφελείς χώροι του Δήμου, οδηγώντας στη δημιουργία ενός δείκτη προτεραιότητας παρέμβασης, κατάλληλου για άμεση αξιοποίηση στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Παράλληλα, η εργασία υπογράμμισε τη σημασία των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση (Nature-Based Solutions – NBS) ως ευέλικτων, περιβαλλοντικά φιλικών και κοινωνικά αποδεκτών στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου, που δύνανται να ενσωματωθούν αποτελεσματικά σε τοπικό επίπεδο, σε συνάρτηση με τις ανάγκες της κάθε δημοτικής αρχής.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην κριτική αποτίμηση των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων (Τ.Π.Σ.), τα οποία, παρουσιάζουν υστερήσεις όσον αφορά την ενσωμάτωση δεδομένων διακινδύνευσης και ανθεκτικότητας. Διαπιστώθηκε ότι τα Τ.Π.Σ. συχνά δεν αξιοποιούν τα διαθέσιμα εργαλεία γεωχωρικής ανάλυσης, ενώ δεν ενσωματώνουν συστηματικά τις κατευθύνσεις στρατηγικών προσαρμογής, όπως αυτές εκφράζονται μέσω της Εθνικής και των Περιφερειακών Στρατηγικών για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ – ΠΕΣΠΚΑ).

Η υιοθέτηση κατάλληλων όρων και περιορισμών κατά την εκπόνηση των τοπικών πολεοδομικών σχεδίων, σε εναρμόνιση με το εκάστοτε Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), αποτελεί αναγκαία συνθήκη για την ορθή οργάνωση των χρήσεων γης, τη μετεγκατάσταση ευάλωτων δραστηριοτήτων και την προστασία κρίσιμων υποδομών. Σημαντική είναι επίσης η προώθηση έργων ταμίευσης, η αποκατάσταση και αναβάθμιση των υφιστάμενων υποδομών, καθώς και η κατασκευή νέων συστημάτων αποστράγγισης και διαχείρισης ομβρίων υδάτων. Στο ίδιο πλαίσιο, ιδιαίτερη σημασία αποκτά η θεσμοθέτηση περιοχών ελεγχόμενης κατάκλισης και η εφαρμογή ρυθμίσεων στις χρήσεις γης με γνώμονα τη μείωση της τρωτότητας. Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη σύγχρονων εργαλείων μοντελοποίησης και εκτίμησης της τρωτότητας αποτελεί βασική προϋπόθεση για την πρόληψη, σύμφωνα με τις κατευθύνσεις των Εθνικών και Ευρωπαϊκών πολιτικών.

Ο Δήμος Αχαρνών, ως περιοχή μελέτης, συνιστά χαρακτηριστικό παράδειγμα πολεοδομικής και κοινωνικοοικονομικής πολυπλοκότητας, με έντονα στοιχεία άναρχης αστικοποίησης, έλλειψη φυσικών υποδοχέων απορρόφησης και σημαντική αλλοίωση του υδρογραφικού δικτύου. Η εφαρμογή του μοντέλου BlueSpot ανέδειξε την ασυμβατότητα της υφιστάμενης πολεοδομικής διάρθρωσης με τις φυσικές ροές του νερού, γεγονός που καθιστά τις παραδοσιακές τεχνικές λύσεις ανεπαρκείς.

Αν και το BlueSpot αποτελεί ένα αξιόλογο εργαλείο πρώτης εκτίμησης, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, όπως η μη ενσωμάτωση των επιφανειακών ροών και της διαπερατότητας του εδάφους. Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωσή του στον τοπικό σχεδιασμό συνιστά ένα ρεαλιστικό και πρακτικό βήμα προς τη βελτίωση της πολεοδομικής ανθεκτικότητας, υπό την προϋπόθεση της συνεχούς επικαιροποίησης των τεχνικών δεδομένων και του συνδυασμού του με ποιοτικά κοινωνικά και χωρικά στοιχεία.

Οι Nature-Based Solutions αξιολογήθηκαν ως μια στρατηγική με πολλαπλά οφέλη – περιβαλλοντικά, λειτουργικά και κοινωνικά. Η ενσωμάτωση τους στον πολεοδομικό σχεδιασμό δύναται να προσφέρει λύσεις ήπιας παρέμβασης, ιδιαίτερα αποτελεσματικές σε ορεινές περιοχές και κατά μήκος υδατορευμάτων, συμβάλλοντας στην επιβράδυνση της απορροής και την ανάσχεση της πλημμυρικής αιχμής. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή τους εξαρτάται από τη θεσμική στήριξη, την εξασφάλιση

χρηματοδοτήσεων και την αποδοχή τους από την τοπική κοινωνία. Η μετατόπιση προς ένα περισσότερο βιώσιμο μοντέλο διαχείρισης κινδύνων απαιτεί την συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην ποσοτική εκτίμηση της αποδοτικότητας των προτεινόμενων NBS στον Δήμο Αχαρνών μέσω προσομοιώσεων πριν και μετά την υλοποίηση, ενσωματώνοντας παραμέτρους όπως η μείωση του όγκου απορροής, η χρονική καθυστέρηση κορυφής παροχής και η μεταβολή της συχνότητας πλημμυρικών επεισοδίων. Επίσης η ενσωμάτωση της τρωτότητας στον πολεοδομικό σχεδιασμό μέσω ενός σύνθετου δείκτη κοινωνικοοικονομικής τρωτότητας μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την ιεράρχηση των περιοχών παρέμβασης. Συνδυάζοντας τον δείκτη αυτόν με δεδομένα από το μοντέλο Blue Spot, δηλαδή τις φυσικές ζώνες υψηλής επικινδυνότητας, προκύπτει ένας χάρτης «διπλής ευαλωτότητας» (risk–vulnerability overlay map), ο οποίος ενδείκνυται για την ανάπτυξη στοχευμένων πολιτικών πρόληψης.

Συνοψίζοντας, η εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός εργαλείων γεωχωρικής ανάλυσης, μοντέλων προσομοίωσης πλημμυρικών φαινομένων και Nature-Based Solutions δύναται να συγκροτήσει μια πιθανή στρατηγική για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των πόλεων. Η προσέγγιση που παρουσιάστηκε είναι επεκτάσιμη και εφαρμόσιμη και σε άλλους δήμους της χώρας και μπορεί να ενσωματωθεί κατά την εκπόνηση των Τοπικών Πολεοδομικών Σχεδίων, με απώτερο στόχο τη μετάβαση σε βιώσιμες, ανθεκτικές και λειτουργικές πόλεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

Barredo, J.I. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Nat Hazards* 42, 125–148 (2007). Προσβάσιμο από: <https://doi.org/10.1007/s11069-006-9065-2> [Τελευταία πρόσβαση 18-01-2025].

City of Copenhagen. (2012). *Cloudburst Management Plan 2012*. Technical and Environmental Administration. Προσβάσιμο από: <https://international.kk.dk/sites/international.kk.dk/files/uploaded-files/CloudburstManagement.pdf> [Τελευταία πρόσβαση 03-05-2025].

C40 Cities, Copenhagen Cloudburst Management Plan, (2016). Προσβάσιμο από: <https://www.c40.org/case-studies/c40-good-practice-guides-copenhagen-cloudburst-management-plan/> [Τελευταία πρόσβαση 03-05-2025].

DANISH ROAD INSTITUTE, 2010. DEVELOPMENT OF A SCREENING METHOD TO ASSESS FLOOD RISK ON HIGHWAYS THE BLUE SPOT MODEL. Προσβάσιμο από: [Microsoft Word - Indhold 183.doc](#) [Τελευταία πρόσβαση 24-03-2025].

De Urbanisten, Watersquare Bentemplein. Προσβάσιμο από: <https://www.urbanisten.nl> [Τελευταία πρόσβαση 30-04-2025].

Doornkamp J.C., Coastal flooding, global warming and environmental management, 1998, Προσβάσιμο από: <https://doi.org/10.1006/jema.1998.0188> [Τελευταία πρόσβαση 18-01-2025].

European Commission (2025), Consequences of climate change, Προσβάσιμο από: [Consequences of climate change - European Commission](#) [τελευταία πρόσβαση 02-03-2025].

European Environment Agency ,The economics of managing heavy rains and stormwater in Copenhagen – The Cloudburst Management Plan, (2016). Προσβάσιμο

από: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/the-economics-of-managing-heavy-rains-and-stormwater-in-copenhagen-2013-the-cloudburst-management-plan> [Τελευταία πρόσβαση 03-05-2025].

FEMA. (2020). *National Flood Insurance Program: Floodplain Management Requirements*. U.S. Federal Emergency Management Agency, Προσβάσιμο από: <https://www.fema.gov/floodplain-management> [Τελευταία πρόσβαση 02-05-2025].

Frantzeskaki, N., Kabisch, N., & McPhearson, T. Nature-based solutions for urban climate adaptation: Linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. (2019). Προσβάσιμο από: <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042> [Τελευταία πρόσβαση 30-04-2025]

Gewalt M., Klaus J., Peerbolte E.B., Pflügner W., Schmidtke R.F. and Verhage L., 1996. EUROflood – Technical Annex 8. Economic Assessment of Flood Hazards. Regional Scale Analysis-Decision Support System (RSA-DSS). München.

Goonetilleke, A., Thomas, E., Ginn, S., & Gilbert, D. (2005). Understanding the role of land use in urban stormwater quality management. *Journal of Environmental Management*, 74, 31–42.

Hundechea, Yeshewatesfa & Parajka, Juraj & Viglione, Alberto. (2017). Flood type classification and assessment of their past changes across Europe. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 1-29. 10.5194/hess-2017-356.

ISDR, 2004. Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. Προσβάσιμο από: www.unisdr.org [τελευταία πρόσβαση 15-01-2025]

Kundzewicz, Z.W., Pińskwar, I., and Brakenridge, G.R., 2013. Large floods in Europe, 1985–2009. *Hydrological Sciences* Προσβάσιμο από: <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.745082> [Τελευταία πρόσβαση 18-01-2025].

Messner F., Meyer V., 2006. Flood damage, vulnerability and risk perception - challenges for flood damage research. *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. pp. 149-167.

Ministère de la Transition écologique. (2020). *Plan National de Gestion des Risques d'Inondation*. Gouvernement de la République Française. Προσβάσιμο από: <https://www.ecologie.gouv.fr/plan-national-gestion-risques-dinondation> [Τελευταία πρόσβαση 06-05-2025].

Mugume, Seith & Gomez, Diego & Fu, Guangtao & Farmani, Raziye & Butler, David. (2015). A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. *Water Research*. 10.1016/j.watres.2015.05.030.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Division on Earth and Life Studies; Water Science and Technology Board; Policy and Global Affairs; Program on Risk, Resilience, and Extreme Events; Committee on Urban Flooding in the United States. Framing the Challenge of Urban Flooding in the United States. Washington (DC): National Academies Press (US); 2019 Mar 29. 1, Introduction. Προσβάσιμο από: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541185/> [Τελευταία πρόσβαση 18-01-2025].

Pistrika Aim., Tsakiris G., 2007. Flood Risk Estimation: A Methodological Framework. In Proceedings of EWRA 6th International Conference 'Water Resources Management: New Approaches and Technologies', Chania, Greece, 14-16 June 2007, pp.13-22.

Rijke, J., van Herk, S., Zevenbergen, C., & Ashley, R. (2012). Room for the River: delivering integrated river basin management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management*, 10(4), 369–382. Προσβάσιμο από: <https://doi.org/10.1080/15715124.2012.739173> [Τελευταία πρόσβαση 16-05-2025].

Snelder, T. H., & Biggs, B. J. F. (2003). Multiscale river environment classification for water resources management. *Journal of the American Water Resources Association*, 38(5), 1225–1239.

State of Green, Copenhagen Cloudburst Management Plan, (2021). Προσβάσιμο από: <https://stateofgreen.com/en/solutions/copenhagen-cloudburst-management-plan-denmark/> [Τελευταία πρόσβαση 03-05-2025].

The Blue Spot model was derived from the Storm Water prevention – Methods to Predict damage from the water stream in and near road pavements in lowland areas SWAMP project (Project No. TR081 2008-72545).). Προσβάσιμο από: The Blue Spot model: A key tool in assessing flood risks for the climate adaptation of national roads and highway systems [Τελευταία πρόσβαση 24-03-2025].

UNISDR – The United Nations Office for Disaster Risk Reduction: The human cost of weather-related disasters 1995–2015 (2015), Προσβάσιμο από: https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf [τελευταία πρόσβαση 01-03-2025].

U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.). *About green infrastructure*. U.S. Environmental Protection Agency, Προσβάσιμο από: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/about-green-infrastructure> [τελευταία πρόσβαση 18-03-2025]

Ελληνόγλωση

Ασημακόπουλος, Δ., n.d. Οικονομικά εργαλεία στη διαχείριση υδατικών πόρων- Η Οδηγία 2000/60 και η ανάκτηση κόστους στην ελληνική πραγματικότητα, s.l.: s.n.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2000. Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωμβρίου 2000 για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2003. Νόμος 3199/2003 "Προστασία και διαχείριση υδάτων". Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Issue A.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007. Οδηγία 2007/60/EK για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2007. Προεδρικό Διάταγμα 51/2007 "Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε

συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ". Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Issue A.

Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, 2010. Κοινή Υπουργική Απόφαση 1108 «Αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2007/60/ΕΚ». Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Issue B.

Σαπουντζάκη, Καλλιόπη, και Μιράντα Δανδουλάκη. 2016. 'Κίνδυνοι και Καταστροφές'.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2018. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. [Ηλεκτρονικό] Προσβάσιμο από: https://floods.ypeka.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=504 [τελευταία πρόσβαση 02-03-2025].