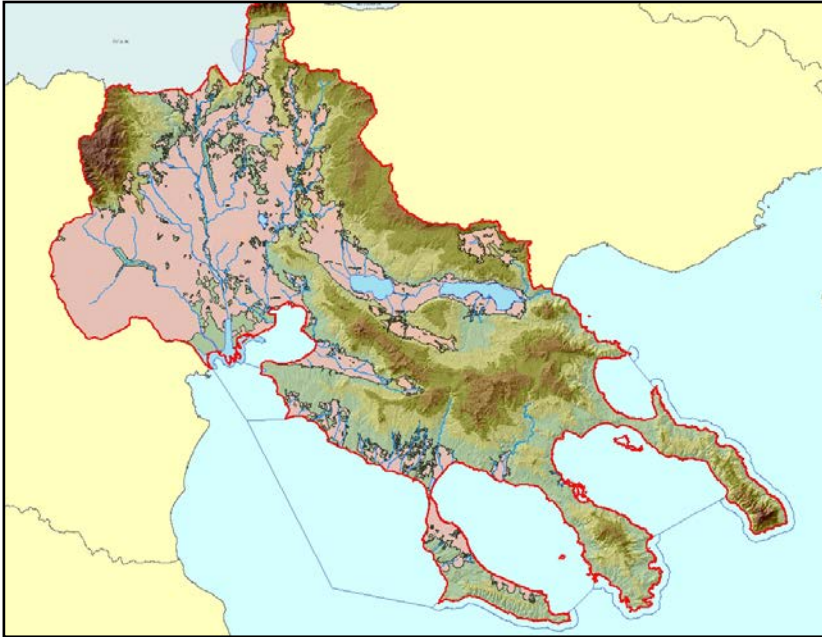




ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας

ΣΤΑΔΙΟ II

1^η ΦΑΣΗ – ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 14

ΕΚΘΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ταμείο Συνοχής



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ : ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ :

«ΥΠΟΔΟΜΗ - ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Ε.Π.Ε. / ΓΑΜΜΑ - 4 ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ / Η. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ - Ν. ΠΑΓΚΑΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. - Δ.Τ. : "ΥΛΗ - Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος" / ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ του Τριαντάφυλλου / ΜΑΡΙΑ ΟΝΟΥΦΡΙΟΥ - ΑΛΕΞΑΚΗ του Βασιλείου / ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ του Δημητρίου / ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ του Κωνσταντίνου»

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΤΑΔΙΟ ΙΙ - Α' ΦΑΣΗ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 14 : ΕΚΘΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

Αναθεωρήσεις :

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις
Εκδ. 1	04/2016	Αρχική Έκδοση
Εκδ. 2	11/2017	1 ^η Αναθ. Έκδοση - Ενσωμάτωση των οδηγιών της Υπηρεσίας και του Τεχνικού Συμβούλου
Εκδ. 3	03/2017	2 ^η Αναθ. Έκδοση
Εκδ. 4	07/2017	Τελικά Παραδοτέα 1 ^{ου} Σταδίου
Εκδ. 5	09/2017	Αρχική Έκδοση 2 ^{ου} Σταδίου
Εκδ. 6	11/2018	Τελική Έκδοση 2 ^{ου} Σταδίου

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

<u>1</u>	<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</u>
1.1	Γενικά	5
1.2	Αντικείμενο και Δομή της Παρούσας Έκθεσης	8
1.3	Ομάδα Επίβλεψης	8
1.4	Ομάδα Σύνταξης Παραδοτέου	9
<u>2</u>	<u>ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ / ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ - ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ</u>	<u>12</u>
2.1	Γενικά	12
2.2	Σύντομη Επισκόπηση Επίδρασης Κλιματικής Αλλαγής	12
2.3	Ανάλυση Πιθανοτικής Φύσης Υδρολογικών Μεταβλητών - Εφαρμογή στην Οδηγία	13
<u>3</u>	<u>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ</u>	<u>14</u>
3.1	Γενικά	14
3.2	Σχέση Μεταβολής της Θερμοκρασίας και Κατακρημνίσεων	14
3.3	Υφιστάμενες Μελέτες	15
3.3.1	Ποταμιαίες πλημμύρες (Fluvial Flooding)	15
3.3.2	Θαλάσσιες πλημμύρες	19
<u>4</u>	<u>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ</u>	<u>21</u>
4.1	Γενικά	21
4.2	Προτεινόμενο Πλαίσιο	21
4.2.1	Ποταμιαίες πλημμύρες (Fluvial Flooding)	21
4.2.2	Θαλάσσιες πλημμύρες	24
4.3	Πιλοτική Εφαρμογή Επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής	24
4.4	Ιεράρχηση ΖΔΥΚΠ για Εφαρμογή της Μεθοδολογίας	25
<u>5</u>	<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	<u>27</u>
<u>6</u>	<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	<u>28</u>

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Με την από 19/12/2014 σύμβαση, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων ανέθεσε την εκπόνηση της μελέτης «Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής Μακεδονίας και Δυτικής Μακεδονίας», στην Κοινοπραξία με την επωνυμία «Κοινοπραξία Πλημμυρών Μακεδονίας».

Μέλη της Κοινοπραξίας είναι τα ακόλουθα Γραφεία Μελετών: «ΥΠΟΔΟΜΗ - ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Ε.Π.Ε. / ΓΑΜΜΑ - 4 ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ / Η. ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ - Ν. ΠΑΓΚΑΣ & ΣΙΑ Ε.Ε. - Δ.Τ. : "ΥΛΗ - Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος" / ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΦΡΑΤΑΙΟΣ του Τριαντάφυλλου / ΜΑΡΙΑ ΟΝΟΥΦΡΙΟΥ - ΑΛΕΞΑΚΗ του Βασιλείου / ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ του Δημητρίου / ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ του Κωνσταντίνου.

Το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας διαρθρώνεται σε **δύο στάδια** και επιμέρους **φάσεις**, ως ακολούθως :

- **1^ο Στάδιο : Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας**, με τις εξής Φάσεις :
 - 1^η Φάση : Ανάλυση Χαρακτηριστικών Περιοχής και Μηχανισμών Πλημμύρας – Σύνθεση γεωγραφικών υπόβαθρων, με επίγειες τοπογραφικές εργασίες και παραγωγή όμβριων καμπυλών.
 - 2^η Φάση : Παραγωγή πλημμυρικών υδρογραφημάτων.
 - 3^η Φάση : Διόδευση πλημμυρών, κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας, προετοιμασία δεδομένων και ανάρτησή τους σε ιστοσελίδα της ΕΓΥ και στις βάσεις της Ε.Ε.
 - 4^η Φάση : Κατάρτιση Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας, προετοιμασία δεδομένων και ανάρτησή τους σε ιστοσελίδα της ΕΓΥ και στις βάσεις της Ε.Ε.
- **2^ο Στάδιο: Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ), Εκπόνηση Στρατηγικών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ) και Διαβούλευση**, με τις εξής Φάσεις :
 - 1^η Φάση : Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ).
 - 2^η Φάση : Εκπόνηση Στρατηγικών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ).
 - 3^η Φάση : Διαβούλευση ΣΔΚΠ και ΣΜΠΕ.
 - 4^η Φάση : Σύνταξη Έκθεσης Αποτελεσμάτων Διαβούλευσης.
 - 5^η Φάση : Επικαιροποίηση ΣΔΚΠ.
 - 6^η Φάση : Προετοιμασία δεδομένων ΣΔΚΠ για ανάρτηση.

Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας λαμβάνουν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των περιοχών που καλύπτουν και περιλαμβάνουν μέτρα και παρεμβάσεις που στοχεύουν στην μείωση

των αρνητικών συνεπειών από τις πλημμύρες, προωθώντας παράλληλα την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που έχουν θεσπιστεί στην κοινοτική νομοθεσία.

Στον παρόντα 1^ο εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, η Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας, η κατάρτιση των Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας, των Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας και τα Σχέδια Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας για όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα της Χώρας καταρτίστηκαν ύστερα από αίτημα των Συντονιστών των Αποκεντρωμένων Διοικήσεων από την ΕΓΥ, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο άρθρο 3 (2.2) της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει.

Έχει ολοκληρωθεί και υποβληθεί στην ΕΕ η Έκθεση Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας για τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της χώρας (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=252&language=el-GR>) και η επικαιροποίησή της ως προς τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας της ΛΑΠ του π. Έβρου.

Επίσης, καταρτίστηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων η «Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας από την θάλασσα και εκτίμηση της πιθανής ανύψωσης της στάθμης θάλασσας για την αξιολόγηση της επικινδυνότητάς τους» για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας.

Από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων έχουν ανατεθεί, πέντε (5) μελέτες, οι οποίες καλύπτουν το σύνολο των Υδατικών Διαμερισμάτων της χώρας. Οι μελέτες αυτές είναι οι ακόλουθες:

1. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, πλην της λεκάνης απορροής π. Έβρου.
2. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των ΥΔ Ηπείρου, Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και Θεσσαλίας.
3. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των ΥΔ Δυτικής, Βόρειας και Ανατολικής Πελοποννήσου και Κρήτης.
4. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των ΥΔ Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας.
5. Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής Ποταμών των ΥΔ Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Νήσων Αιγαίου.

Επίσης έχει ανατεθεί από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων με διακριτή σύμβαση, το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας της λεκάνης απορροής του π. Έβρου, το οποίο έχει ολοκληρωθεί. Οι Χάρτες Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας, το ΣΔΚΠ της λεκάνης απορροής του π. Έβρου έχουν αναρτηθεί στον ειδικά διαμορφωμένο ιστότοπο του ΥΠΕΝ (<http://floods.ypeka.gr/index.php/ydatika-diamerismata/thraki-gr12>).

Οι ανωτέρω μελέτες, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, τους Χάρτες Επικινδυνότητας και Κινδύνων Πλημμύρας στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας και τις Στρατηγικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΣΜΠΕ).

Οι Χάρτες Επικινδυνότητας Πλημμύρας, οι Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας και τα Σχέδια Διαχείρισης των Κινδύνων Πλημμύρας αποτελούν αντικείμενο αναθεώρησης στους επόμενους κύκλους εφαρμογής της Οδηγίας (2021 και 2027). Η διαδικασία αναθεώρησης είναι μία κυκλική διαδικασία, η οποία βασίζεται κάθε φορά σε βελτιωμένα δεδομένα και περισσότερη κατανόηση των ενεργειών και στοιχείων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, όπου λαμβάνεται υπόψη και η πιθανή επίδραση των κλιματικών αλλαγών στη συχνότητα επέλευσης φαινομένων πλημμύρας σύμφωνα, με την παράγραφο 4 του άρθρου 14 της Οδηγίας.

Οι επιπτώσεις από την εφαρμογή των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας δεν μπορεί παρά να είναι θετικές. Ωστόσο η επιτυχής εφαρμογή τους προϋποθέτει τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής, επίπονη εργασία εκ μέρους όλων, μακροπρόθεσμο προγραμματισμό, εκτενείς συμμετοχικές διαδικασίες, αλλαγή νοοτροπίας, ενώ θα χρειαστεί και πολιτική βούληση.

Για την κατάρτιση του παρόντος Σχεδίου ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα βασικά στοιχεία, κείμενα και μελέτες :

- Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την Αξιολόγηση και τη Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας.
- Η Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1108/21.07.2010), περί Αξιολόγησης και διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ «για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2007», με την οποία έχει ενσωματωθεί η Οδηγία 2007/60/ΕΚ στο Εθνικό Δίκαιο.
- Η ΚΥΑ 177772/924 (ΦΕΚ Β'2140/22.06.2017), περί Τροποποίησης της υπ' αριθμό 31822/1542/2010 κοινής υπουργικής απόφασης (Β'1108).
- Η Οδηγία Πλαίσιο περί Υδάτων 2000/60/ΕΚ η οποία θέτει το νομοθετικό πλαίσιο για την ορθή διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων.
- Ο Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α/9.12.2003) «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000» με τον οποίο (και με τις κανονιστικές του πράξεις, κατ' εξουσιοδότηση αυτού), εναρμονίζεται το εθνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας.
- Το 1^ο Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (ΦΕΚ Β 182/31.1.2014).
- Η 1^η αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (ΦΕΚ Β 4675/29.12.2017).
- Η Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας βάσει του άρθρου 4 της Οδηγίας, (ΥΠΕΚΑ-ΕΓΥ, 2012), και ο προσδιορισμός των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας για το Υδατικό Διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας.
- Οι Χάρτες Επικινδυνότητας και οι Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας που έχουν καταρτιστεί για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας.

- Τα Εγχειρίδια και Καθοδηγητικά Έγγραφα της ΕΕ για την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας για τις Πλημμύρες (2007/60/ΕΚ), συγκεκριμένα τα:
 - [Document No.0 : Guidance for Reporting under the Floods Directive.](#)
 - [Document No.1 : Floods Directive reporting : User manual v6.0.](#)
 - [Document No.2 : Floods Directive reporting : User Guide to the reporting schema v6.0.](#)
 - [Document No.3 : Floods Directive reporting : User Guide to reporting spatial data v3.0.](#)
 - [Document No.4 : Guidance on reporting for FHRM of spatial information v 5.1.](#)
 - [WGF Resource document, Flood Risk Management, Economics and Decision Making Support.](#)
 - [EU Resource document, Links between the Floods Directive \(FD 2007/60/EC\) and Water Framework Directive \(WFD 2000/60/EC\).](#)
 - [Good Practice for delivering Flood Related Information to the General Public, 2007 \(by EXCIFF\)](#)
 - [Cost-Benefit-Analysis-Guidelines - A Common Framework of Flood Risk Management Cost Benefit Analysis Features \(Flood-CBA Project, 2.2014\)](#)

1.2 Αντικείμενο και Δομή της Παρούσας Έκθεσης

Το παρόν αποτελεί την Τεχνική Έκθεση του Παραδοτέου 14 της 1ης Φάσης του Σταδίου ΙΙ, σύμφωνα με τον κατάλογο παραδοτέων που παρατίθεται στο Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων (ΤΤΔ) της Σύμβασης. Στα κεφάλαια που ακολουθούν γίνεται αναλυτική επισκόπηση της επιρροής της κλιματικής αλλαγής στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές, καθώς και στο υδρολογικό καθεστώς, διεθνώς και στην Ελλάδα, μέσω ευρείας ανάλυσης των δεδομένων εργασιών.

Πραγματοποιείται μια συνοπτική περιγραφή ενός μεθοδολογικού πλαισίου ανάλυσης της κλιματικής αλλαγής που εδράζεται σε πιστοποιημένα κλιματικά μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δίδονται για δημόσια χρήση. Τέλος με βάση τα ευρήματα του Σταδίου Ι, ιεραρχούνται οι περιοχές με βάση τη σπουδαιότητά τους για τη μελέτη πλημμυρικών φαινομένων με εφαρμογή μεθοδολογιών επίδρασης της κλιματικής αλλαγής.

1.3 Ομάδα Επίβλεψης

Σε όλες τις φάσεις του έργου (προδιαγραφές και διενέργεια διαγωνισμού, επίβλεψη εκπόνησης και υλοποίηση της διαβούλευσης) το συντονισμό και τη γενική επίβλεψη είχαν οι προϊστάμενοι της ΕΓΥ :

- Γκίνη Μαρία, Π.Ε. Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών με Α΄ βαθμό, Προϊσταμένη Διεύθυνσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος και
- Νίκα Κωνσταντίνα, Π.Ε. Γεωτεχνικών (Γεωπόνων) με Α΄ βαθμό, Προϊσταμένη του Τμήματος Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας-Λειψυδρίας και Διαχείρισης της Ζήτησης της Διεύθυνσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος.

Τα μέλη της Ομάδας των Επιβλεπόντων της μελέτης: Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας όπως αυτοί έχουν ορισθεί με την με αρ. πρωτ. οικ.

100026/12.01.2015 Απόφαση της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (ΑΔΑ: ΨΗΧ10-077) είναι τα ακόλουθα:

1. Μαρία Γκίνη, Προϊσταμένη Διεύθυνσης ΕΓΥ
2. Ελένη Λιάκου, Υπάλληλος ΕΓΥ
3. Αθανασία Παρδάλη, Υπάλληλος ΕΓΥ

Με αναπληρωματικούς τους:

1. Πηνελόπη Γκαγκάρη, Υπάλληλος ΕΓΥ
2. Έφη Αλεξάκη, Υπάλληλος ΕΓΥ
3. Σπύρος Τασόγλου, Υπάλληλος ΕΓΥ

Ως συντονιστής της ως άνω ομάδας επιβλεπόντων ορίσθηκε με την ίδια απόφαση η κα Μαρία Γκίνη.

Πέραν των ανωτέρω σημαντική υπήρξε η συμβολή στην ολοκλήρωση του έργου :

- Του αναπληρωματικού μέλους, Πηνελόπης Γκαγκάρη, σε θέματα επίβλεψης, εκπόνησης και υλοποίησης της διαβούλευσης της μελέτης
- Της εισηγήτριας του Τμήματος, Ελένης Αθανασίου σε θέματα επίβλεψης, εκπόνησης και υλοποίησης της διαβούλευσης της μελέτης
- Του υπάλληλου της ΕΓΥ, Γιώργου Θεοφιλόπουλου σε θέματα επίβλεψης γεωχωρικών δεδομένων και
- Της κας Βιβέκας Ραυτοπούλου, Δικηγόρου - Νομικού Εμπειρογνώμονα στη Διεύθυνση Διεθνών και Ευρωπαϊκών Δραστηριοτήτων του ΥΠΕΝ, για τη νομική υποστήριξη στην κατάρτιση του παρόντος Σχεδίου.

Σημειώνεται ότι η επίβλεψη εκπόνησης των μελετών πραγματοποιήθηκε από την Ομάδα Επίβλεψης με την υποστήριξη του Τεχνικού Συμβούλου υποστήριξης και υποβοήθησης στην Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, βάσει της από 01-03-2012 σύμβασης μεταξύ της ΕΓΥ και της Κοινοπραξίας Συμβούλου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε. - ΕΦΗ ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ & ΣΙΑ.

1.4 Ομάδα Σύνταξης Παραδοτέου

Για τη σύνταξη του παρόντος παραδοτέου συνεργάστηκαν οι ακόλουθοι επιστήμονες :

ΟΝΟΜΑ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ
Ηλίας Βασιλόπουλος	Διδάκτωρ Μηχανικός Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. / Κάτοχος Πτυχίου Μ.Sc. σε Υδραυλική & Υδρολογία, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, U.K. / Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Ζαχαρούλα Μαράντου	Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π. / Princeton University, Dept. of Civil Engineering and Operations Research, Water Resources Program

ΟΝΟΜΑ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ
Γεώργιος Τζουρναβέλης	Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Ξενοφών Τσιλιμπάρης	Δρ. Μηχανικός / Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Χρήστος Κοσμάς	Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Αθανάσιος Ζήρος	Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π. / Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης «Επιστήμη Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
Συμεών Τσιμπίδης	Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Ναταλία - Ευαγγελία Μπλάνα	Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π. - Υποψήφια Διδάκτωρ G.I.S.
Μαρία Παπαθανασοπούλου	Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Βασιλεία Παπαθανασοπούλου	Αγρονόμος - Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Παναγιώτης Αυγερόπουλος	Τεχνικός Γεωλόγος (M.Sc) - Πανεπιστήμιο LEEDS Αγγλίας
Γεράσιμος Γιαννάτος	Δρ Γεωλόγος Πανεπιστημίου Αθηνών
Εύα Παπαδοπούλου	Γεωλόγος Πανεπιστημίου Αθηνών
Σταυρούλα Κρασσά - Αυγεροπούλου	Αρχιτέκτων Μηχανικός Πανεπιστημίου Φλωρεντίας - Σύμβουλος Περιβάλλοντος
Λουίζα Αυγεροπούλου	Περιβαλλοντολόγος Πανεπιστημίου Αιγαίου / MSc Πανεπιστημίου Brighton Αγγλίας
Ηλίας Αποστολίδης	Δασολόγος (ΑΠΘ)
Έκτωρ Αποστολίδης	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ / MSc (ΓΠΑ)
Νικόλαος Πάγκας	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος ΑΠΘ / Δρ. Χωροταξίας Ε.Μ.Π.
Ανδριάνα Παπαϊωάννου	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος Α.Π.Θ.
Θεμιστοκλής Αδαμόπουλος	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος Α.Π.Θ.
Γρηγόριος Βασιλόπουλος	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος Α.Π.Θ. / MSc (ΑΠΘ)
Γεώργιος Σουρβάς	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος / MSc Γεωπληροφορικής
Ευθυμία Πούλιου	Δασοπόνος
Ηλέκτρα - Γεωργία Αποστολίδου	Πολιτικός Μηχανικός, Δρ. Υδραυλικός

ΟΝΟΜΑ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ
Άννα Σπηλιωτοπούλου	Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός / MSc Διασφάλιση Ποιότητας
Εμμανουήλ Χαβάκης	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος / MSc Δασική Οικολογία και Διαχείριση
Γεωργία Βαρσάμη	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος / MSc Υδρολογία
Μαρία Ονουφρίου - Αλεξάκη	Αρχιτέκτων Μηχανικός Ε.Μ.Π. - Χωροτάκτης
Αλκιβιάδης Μπέτσης	Μηχανικός Χωροταξίας / Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης Πανεπ. Θεσσαλίας - MSc στην Πολεοδομία Χωροταξία & Περιφερειακή Ανάπτυξη
Γεράσιμος Αντζουλάτος	Δρ. Γεωπόνος
Ειρήνη Κόντου	Γεωπόνος

1 Κλιματική Αλλαγή / Πλημμύρες - Επισκόπηση

1.1 Γενικά

Η Οδηγία παρέχει ένα ολοκληρωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες.

Η ολοκληρωμένη εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας πρέπει να περιλαμβάνει την πιθανότητα μεταβολής των μελλοντικών πλημμυρών, και λόγω των προβλέψεων της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής έχει συγκεντρώσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας τις τελευταίες δεκαετίες με την ανάπτυξη εξελιγμένων υπολογιστικών συστημάτων για την πρόβλεψη της εξέλιξης ατμοσφαιρικών και υδρολογικών μεγεθών σε μακροπρόθεσμο επίπεδο.

Στο τεχνολογικό πεδίο των πλημμυρών και στο υφιστάμενο πλαίσιο Ευρωπαϊκών χωρών, η κλιματική αλλαγή ποσοτικοποιείται με μία επαύξηση των αιχμών των μεγεθών πλημμύρας. Στην περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιρλανδίας οι πλημμυρικές αιχμές σχεδιασμού προσαυξάνονται κατά 20% ενώ στην περίπτωση της Γερμανίας (Βαυαρία) προτείνεται μια ίδια προσαύξηση της τάξεως του 20% (Lindenschmidt et al. 2007).

1.2 Σύντομη Επισκόπηση Επίδρασης Κλιματικής Αλλαγής

Μια αλλαγή στο κλίμα μπορεί να τροποποιήσει σημαντικές συνιστώσες που επηρεάζουν το καθεστώς πλημμυρών που αφορούν την βροχόπτωση (σε όρους όγκου χρόνου και διάρκειας), τη χιονοκάλυψη, τις συνθήκες εδαφικής υγρασίας, τις στάθμες και παροχές των επιφανειακών συστημάτων, τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, τις συνθήκες παγετού στα φυσικά συστήματα των λιμνών και της βλάστησης (Kundzewicz et al. 2014). Γενικά, μια περισσότερο θερμή ατμόσφαιρα μπορεί να περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα ισχυρών βροχοπτώσεων (Huntington, 2006).

Η διεθνής βάση δεδομένων με παγκόσμια χωρική κάλυψη του Κέντρου Επιδημιολογίας και Καταστροφών της Munich Re και της Swiss Re αποτυπώνει μια αυξανόμενη τάση καταστροφών και απωλειών από τις πλημμύρες διαμέσου του χρόνου. Για την περίοδο 1980-2011 καταγράφηκαν οικονομικές απώλειες από 7 δις δολάρια μέσο όρο ανά έτος στην αρχή της δεκαετίας του '80 αυξανόμενες σε δις τη δεκαετία 2001-2011, εκ των οποίων 9% ήταν ασφαλισμένες (Kundzewicz et al. 2014).

Πίνακας 1 : Σύνοψη εκτιμώμενων οικονομικών απωλειών το 2040 σε διάφορες τεχνικές μελέτης (Kundzewiczetal. 2014)

Study	Hazard type	Region	Projected loss increase (%) in 2040			
			Min	Max	Mean	Median
<i>Impact of projected anthropogenic climate change, exposure held constant</i>						
Bouwer <i>et al.</i> (2010)	River flooding	Netherlands	46	201	124	83
Feyen <i>et al.</i> (2009)	River flooding	Europe			83	
ABI (2009)	River flooding	United Kingdom	3	11	7	
Te Linde <i>et al.</i> (2011)	River flooding	Rhine Basin	57	213	135	
Feyen <i>et al.</i> (2009)	River flooding	Spain (Madrid)			36	
Schneider <i>et al.</i> (2000)	Local flooding	Australia	67	514	361	
Hoes (2007)	Local flooding	Netherlands	16	70	47	
<i>Impact of projected exposure change, climate held constant</i>						
Bouwer <i>et al.</i> (2010)	River flooding	Netherlands	35	172	104	
Te Linde <i>et al.</i> (2011)	River flooding	Rhine Basin	10	36	23	
Feyen <i>et al.</i> (2009)	River flooding	Spain (Madrid)			349	
Hoes (2007)	Local flooding	Netherlands	4	72	29	

1.3 Ανάλυση Πιθανοτικής Φύσης Υδρολογικών Μεταβλητών - Εφαρμογή στην Οδηγία

Η κλιματική αλλαγή αντιστοιχεί σε μεταβολές των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας που παράγουν σημαντικές μεταβολές σε υδρολογικές μεταβλητές (βροχόπτωση, απορροή) σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Λόγω της πιθανοτικής φύσης των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών στα πλαίσια εκπόνησης του 1^{ου} σταδίου της μελέτης και συγκεκριμένα κατά την εκπόνηση των ομβρίων καμπυλών και των πλημμυρικών υδρογραφημάτων έγινε μια πιθανοτική ανάλυση των ακραίων βροχοπτώσεων με την ανάλυση των ορίων εμπιστοσύνης. Αυτό σε συνδυασμό με την υποχρέωση της Οδηγίας για εκτίμηση πλημμυρικής επικινδυνότητας σε μεγάλες περιόδους επαναφοράς όπως T=1000 έτη, μπορεί να εξαχθεί με σχετική ασφάλεια το συμπέρασμα, ότι σενάρια κλιματικών αλλαγών είναι ενσωματωμένα στην υφιστάμενη ανάλυση λαμβάνοντας υπόψιν την πρακτική που αναπτύσσεται σε υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες (βλ. Κεφ 2.1).

2 Επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής στο Καθεστώς Πλημμυρών της Ελλάδας

2.1 Γενικά

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς συνδέεται με σημαντικές μεταβολές στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Πολλές υδρομετεωρολογικές μεταβλητές που συνδέονται με το ατμοσφαιρικό φυσικό περιβάλλον αναμένεται να επηρεαστούν από την παρουσία των αερίων του θερμοκηπίου επιδρώντας στις υδρολογικές μεταβλητές.

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή από τη διεθνή βιβλιογραφία σε ότι αφορά την επίδραση της κλιματικής αλλαγής και των πλημμυρών στις ποτάμιες και θαλάσσιες πλημμύρες.

2.2 Σχέση Μεταβολής της Θερμοκρασίας και Κατακρημνίσεων

Η αποδιδόμενη στη μεταβολή του κλίματος αύξηση της θερμοκρασίας δυνητικά θα συνέβαλε στην αύξηση των κατακρημνίσεων έναν τόπο, για τον ακόλουθο λόγο :

Η υγρασία που υφίσταται σε μία αέρια μάζα μετριέται με την πίεση e που ασκούν οι περιεχόμενοι υδρατμοί.

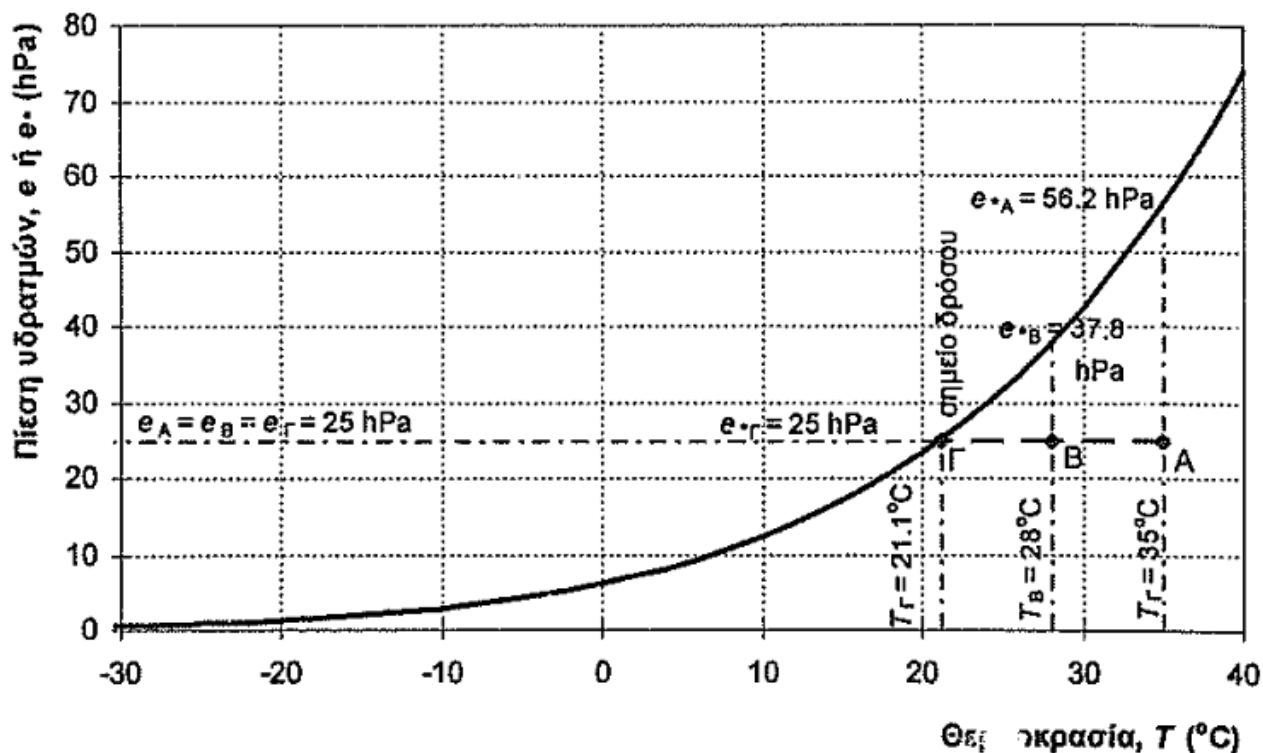
Όταν η αέρια μάζα βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού, τότε η αντίστοιχη πίεση e_s καλείται πίεση κορεσμένων υδρατμών. Ο λόγος e/e_s είναι η σχετική υγρασία.

Η πίεση των κορεσμένων υδρατμών δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση των Clausius - Clapeyron :

$$e_s = 6.11 \exp^* \left(\frac{17,27T}{T + 237,3} \right)$$

όπου η e_s μετριέται σε hPa και η θερμοκρασία T σε βαθμούς Κελσίου.

Η μεταβολή της e_s , σε σχέση με τη θερμοκρασία T , δίνεται γραφικά από την ακόλουθη καμπύλη (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1997) :



Είναι ευνόητο, ότι τυχούσα αύξηση της θερμοκρασίας θα είχε αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης των κορεσμένων υδρατμών e_s , έμμεσα δηλαδή της ποσότητας των περιεχομένων υδρατμών στην αέρια μάζα.

Η πραγματοποίηση οποιασδήποτε αιτίας υγραποίησης των υδρατμών της αέριας μάζας, θα είχε ως άμεση συνέπεια να υγραποιείται μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών κατά συνέπεια αύξηση των κατακρημνισμάτων, τουλάχιστον σε ετήσια βάση.

Ανίχνευση μιας τέτοιας τάσης δεν πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του υπό μελέτη Υδατικού Διαμερίσματος, για λόγους αντικειμενικούς και πραγματικούς.

2.3 Υφιστάμενες Μελέτες

2.3.1 Ποτάμιες πλημμύρες (Fluvial Flooding)

Οι παρατηρημένες κλιματικές μεταβολές στην Ελλάδα δεν είναι σε συμφωνία με τις υπόλοιπες Μεσογειακές χώρες. Συγκεκριμένα, ενώ για τη θερμοκρασία στη Μεσόγειο παρατηρήθηκε αύξηση, το αντίθετο σημειώθηκε στην Ελλάδα εκτός της περιόδου 1990-2000 που παρατηρήθηκε αύξηση. Οι βροχοπτώσεις στη χώρα δείχνουν τάση μείωσης για την περίοδο 1975-2000 κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα που είναι αποτέλεσμα της μείωσης του νετού κατά τους χειμερινούς μήνες. Η παρατηρημένη αυτή τάση είναι μεγαλύτερη στη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία από ότι στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη.

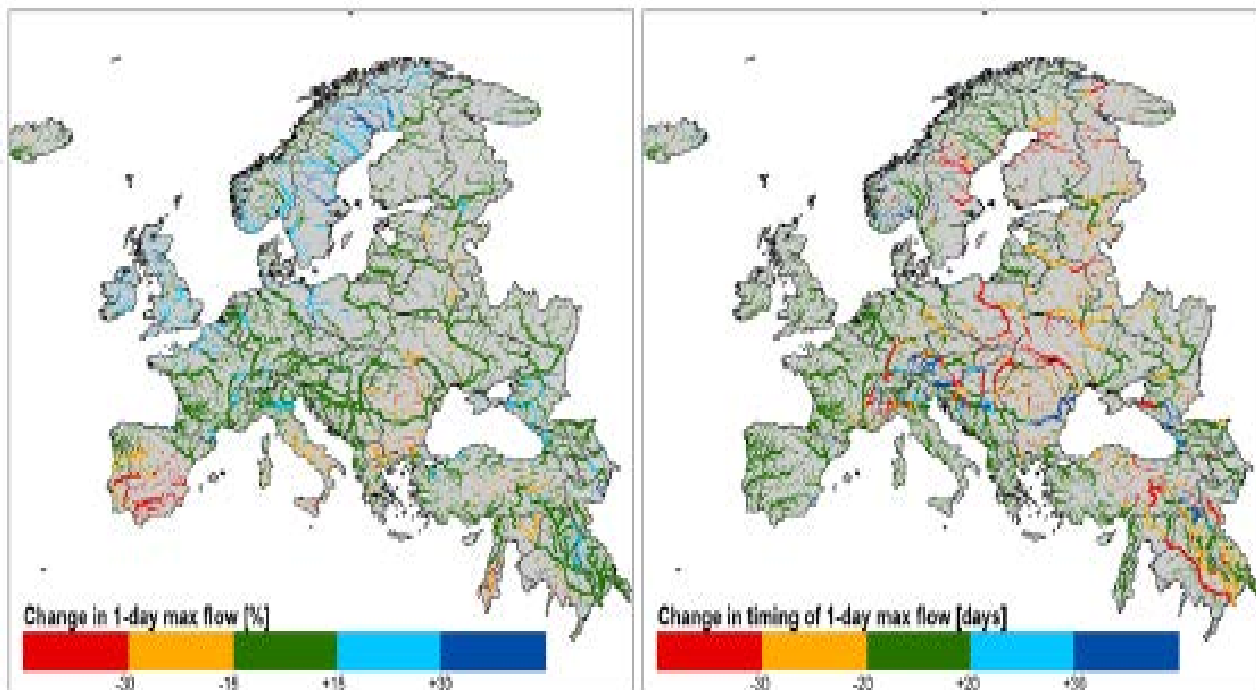
Σε περιοχές γύρω από την Αθήνα, έχει παρατηρηθεί μια αυξανόμενη συχνότητα πλημμυρών τις τελευταίες δεκαετίες της περιόδου 1880-2010, οι οποίες συνδέονται με την αύξηση των μεγίστων παρατηρημένων υψών βροχόπτωσης (Diakakis, 2014).

Στο ίδιο συμπέρασμα για αναμενόμενη αύξηση της συχνότητας πλημμυρών για όλη τη χώρα μετά από επεξεργασία των αποτελέσματος GCM καταλήγουν και οι Μιμίκου και Μπαλτάς (2017).

Σύμφωνα με μελέτη των Schneider et al. (2013) οι μέγιστες ροές των ποταμών αναμένονται να μειωθούν στη χώρα μας (Εικόνα 1), λόγω της μείωσης των βροχοπτώσεων.

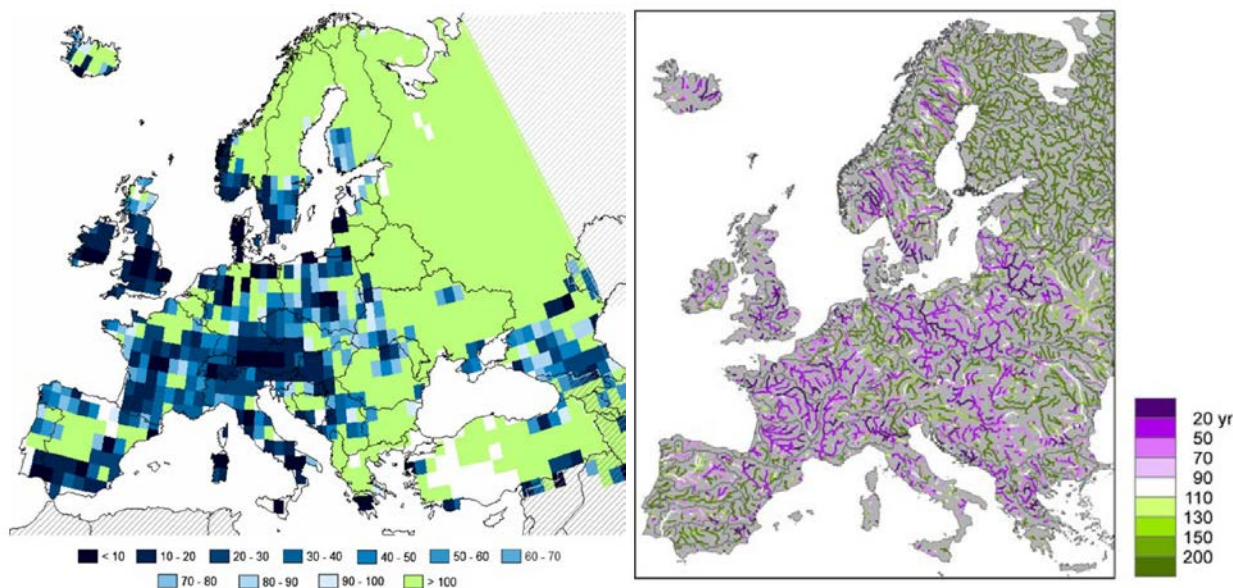
Τα προηγούμενα συμπεράσματα δεν συμφωνούν με τα αναφερόμενα στην παράγραφο 3.2 της παρούσας.

Εικόνα 1 : Μεταβολές μεγίστων ημερησίων παροχών, μέγεθος (αριστερά), χρόνου (δεξιά) ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής - Πρόβλεψη 2050 (Schneideretal. 2013)



Η εγγενής αβεβαιότητα των κλιματικών προβλέψεων και της επιρροής της στο καθεστώς πλημμύρας αναδεικνύεται στη δημοσίευση των Kundzewicz et al. (2010) όπου παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα δύο εργασιών εστιάζεται στα αντίθετα συμπεράσματά τους, καθώς το ένα μοντέλο παρουσιάζει αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών περιόδου επαναφοράς 100ετίας, ενώ το άλλο μοντέλο παρουσιάζει μείωση (Εικόνα 2).

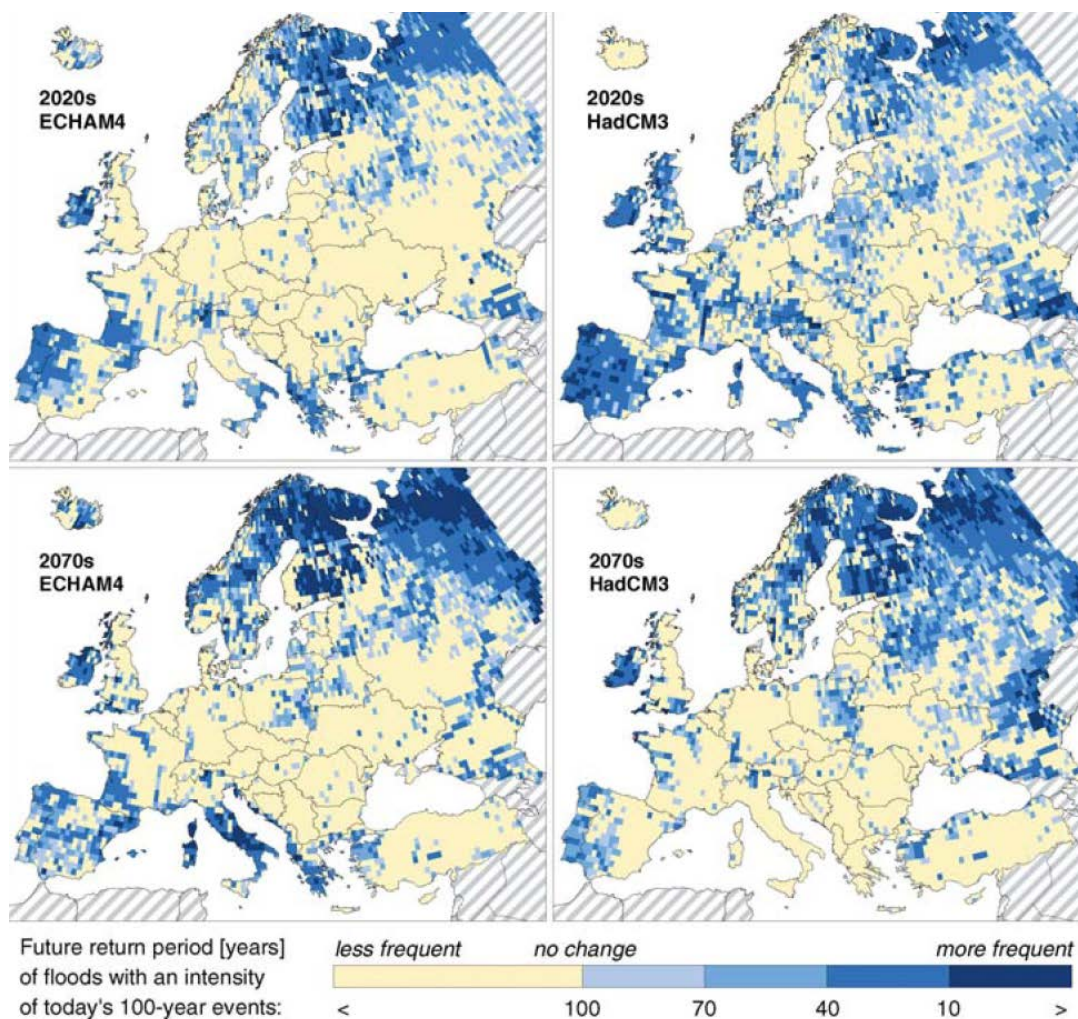
Εικόνα 2 : Χωρική μεταβολή συχνότητας περιόδου επαναφοράς σημερινής πλημμύρας 100ετίας σε σχέση με πρόβλεψη του ίδιου μεγέθους για την περίοδο 2071-2100. Αριστερά μελέτη Hirabayashi et al. 2008, δεξιά μελέτη Dankers and Feyen (2008)



Στην εργασία των Lehner et al. (2006) με τη χρήση του παγκόσμιου μοντέλου WaterGAP νερού το οποίο αποτελείται από δύο μέρη : ένα παγκόσμιο υδρολογικό μοντέλο και ένα παγκόσμιο μοντέλο χρήσης νερού. Το πρώτο, που προσομοιώνει σε χρονική κλίμακα ημέρας, εξετάστηκε η μακροπρόθεσμη συμπεριφορά του υδρολογικού κύκλου σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα δύο κλιματικών μοντέλων HadCM3 και ECHAM4.

Μετά από μακροσκοπική ανάλυση των αποτελεσμάτων της εργασίας, το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας εμφανίζει μια αύξηση της συχνότητας πλημμυρών σε ορισμένες περιοχές του, για τις προβολές στα έτη 2020 και 2070, εκτός από το σενάριο της προβολής HadCM3 του 2070 όπου παρατηρείται μείωση της συχνότητας (Εικόνα 3).

Εικόνα 3 : Χωρική μεταβολή συχνότητας περιόδου επαναφοράς σημερινής πλημμύρας 100ετίας για προβλέψεις ετών 2020 και 2070 και δύο κλιματικών μοντέλων ECHAM4 και HadCM3

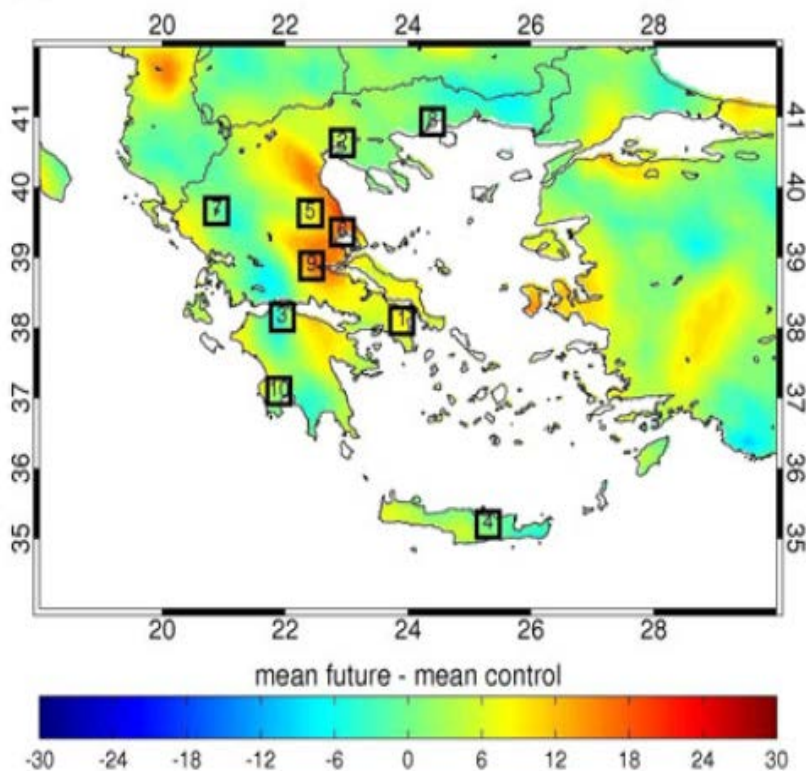


Οι Gianakopoulos et al. (2011) σε μελέτη για την αξιολόγηση της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα χρησιμοποίησαν τα ημερήσια αποτελέσματα του κλιματικού μοντέλου RACMO2 (RSM) που αναπτύχθηκε στην Ολλανδία στα πλαίσια του έργου ENSEMBLES. Τα αποτελέσματα του κλιματικού μοντέλου δίνονται σε κάρναβο διάστασης 25x25 km.

Η περίοδος βάσης του μοντέλου είναι η περίοδος 1961-1990 και τα αποτελέσματα δίνονται για την περίοδο 2021-2050.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εργασίας και σε σχέση με τις προβλέψεις του καθεστώτος των πλημμυρών, το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας θα εμφανίσει μια πολύ μεγάλη αύξηση των μεγίστων βροχοπτώσεων αυτή την περίοδο (Εικόνα 4).

Εικόνα 4 : Μεταβολή μεγίστων βροχοπτώσεων στην Ελλάδα (Gianakopoulos et al., 2011)

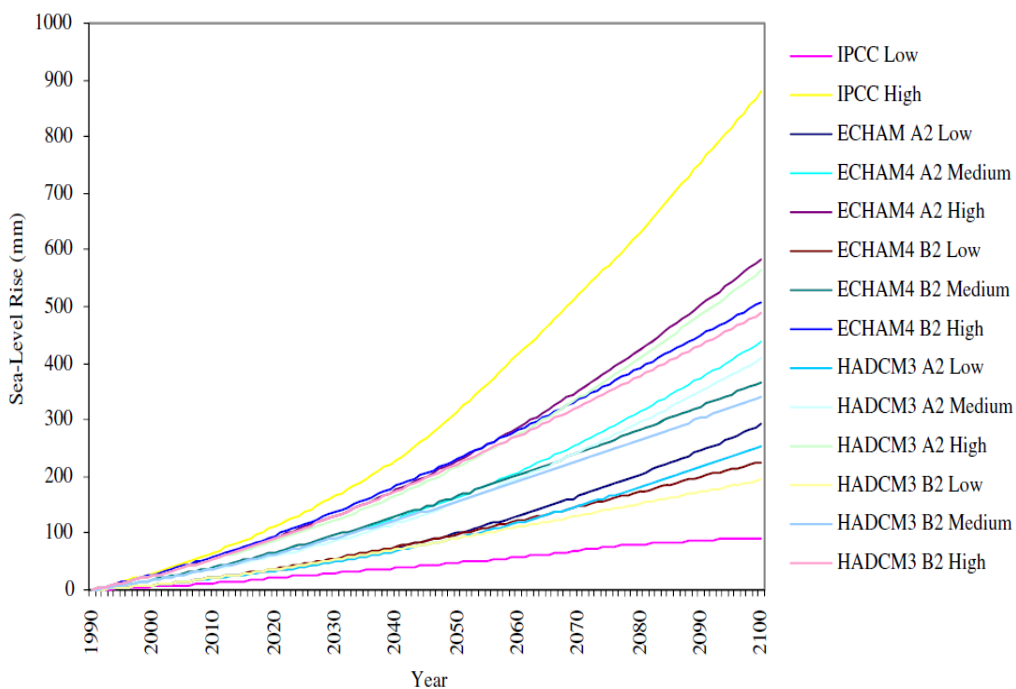


2.3.2 Θαλάσσιες πλημμύρες

Για την αξιολόγηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στις θαλάσσιες πλημμύρες, καθώς και στην ανύψωση της μέσης στάθμης της θάλασσας μετά από εξέταση των άμεσων και έμμεσων κόστων από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας για κλιματικές προβολές στο 2020 και 2080 εκιμάται συνολικά στη χώρα θα έχουμε μια αύξηση κατά 3,5% της απώλειας εκτάσεων γης (Bosello et al. 2012).

Στην παρακάτω Εικόνα 5 δίνονται τα αποτελέσματα της ανύψωσης της στάθμης για διάφορα κλιματικά μοντέλα και η μεταβολή της μέσης στάθμης θάλασσας με έτος βάσης το 1990 και διάρκεια μέχρι το 2100.

Εικόνα 5 : Χρονική μεταβολή της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας για διάφορα κλιματικά μοντέλα (Boselloetal. 2012)



3 Μεθοδολογικό Πλαίσιο Ενσωμάτωσης της Κλιματικής Αλλαγής στην Οδηγία Πλημμυρών

3.1 Γενικά

Οι μεταβολές στα κλιματικά συστήματα και οι επιδράσεις στις πλημμύρες μελετώνται με τη χρήση κλιματικών σεναρίων λόγω της σύνδεσης κλίματος-πλημμύρας. Τα σενάρια κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν μία σύνδεση δεδομένων ατμοσφαιρικών διεργασιών σε παγκόσμια κλίμακα (διαφορές αερίων του θερμοκηπίου που επιδρούν στη διαμόρφωση του κλίματος) σε τοπική χωρική κλίμακα, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται στα υδρολογικά μοντέλα για να προσομοιωθεί το πλημμυρικό καθεστώς.

Στα παρακάτω κεφάλαια αναπτύσσεται αδρομερώς ένα μεθοδολογικό πλαίσιο ενσωμάτωσης των μοντέλων κλιματικής αλλαγής σε μελέτες πλημμυρικής επικινδυνότητας και κινδύνου.

3.2 Προτεινόμενο Πλαίσιο

Στα παρακάτω κεφάλαια δίνονται συνοπτικά τεχνικές προδιαγραφές για την περαιτέρω ανάλυση της επιρροής της κλιματικής αλλαγής στις ποτάμιες πλημμύρες, καθώς και στις πλημμύρες από θάλασσα.

3.2.1 Ποτάμιες πλημμύρες (Fluvial Flooding)

Τα απαραίτητα βήματα για την εφορμογή σεναρίων κλιματικής αλλαγής από την υδρολογική σκοπιά περιλαμβάνουν τα εξής βασικά βήματα (Raff et al., 2009) :

- (i) Μοντελοποίηση ατμοσφαιρικών διεργασιών και καταβιβασμός από την παγκόσμια σε τοπική κλίμακα.
- (ii) Διορθώσεις σφαλμάτων αποτελεσμάτων κλιματικών μοντέλων.
- (iii) Υδρολογική προσομοίωση σε επίπεδο λεκάνης απορροής.

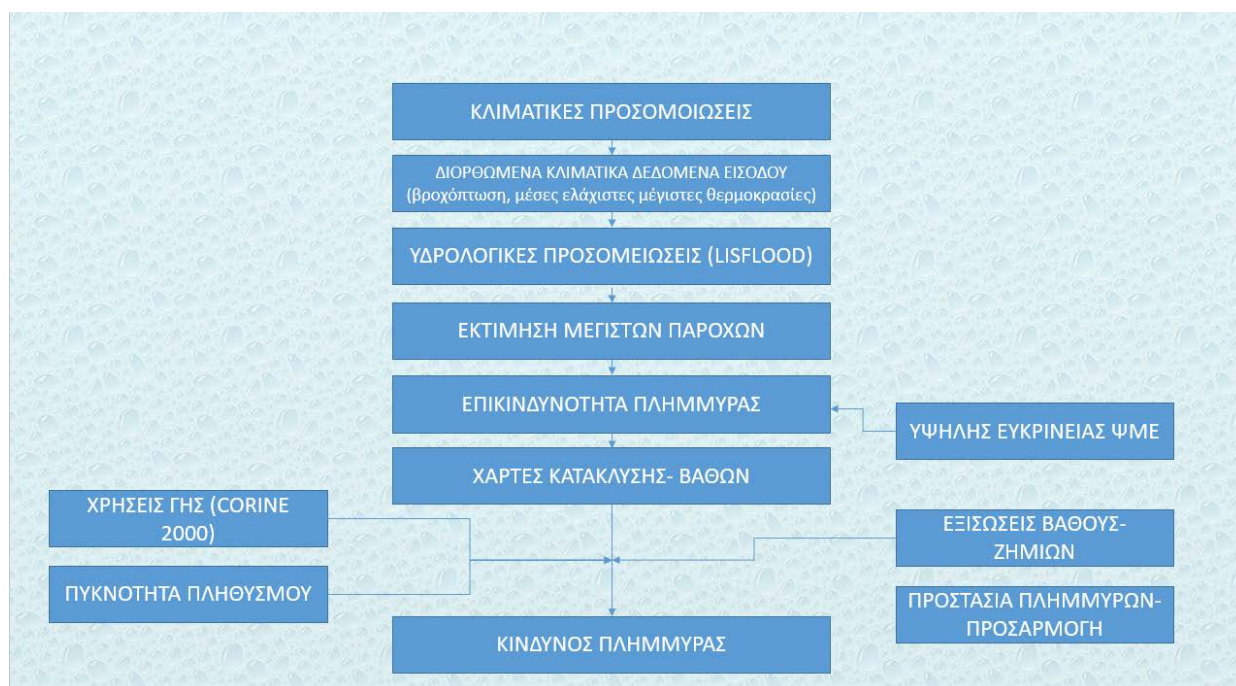
Για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να μελετηθούν τα πορίσματα Ευρωπαϊκών φορέων που έχουν διαθέσιμα στοιχεία πλημμυρών όπως το HYDRATE (Hydrometeorological Data Resources and Technology for Effective Flash Flood Forecasting, Gaume et al., 2009, Borga et al., 2011), καθώς και δράση COST που αφορά τις Ευρωπαϊκές διαδικασίες για την εκτίμηση της συχνότητας πλημμυρών (Salinas et al., 2013).

Ένα συνοπτικό και σύγχρονο μεθοδολογικό πλαίσιο για την ανάλυση της κλιματικής αλλαγής στην πλημμυρική επικινδυνότητα περιγράφεται αναλυτικά στην εργασία των Rojasetal. 2012, Rojasantd Watkiss 2013 (Εικόνα 6).

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται είναι η υδρολογική ανάλυση μέσω κατάλληλου υδρολογικού μοντέλου (π.χ LISFLOOD) και η τελική εξαγωγή απορροών στα ποτάμια υδροσυστήματα μέσω της εισαγωγής κατάλληλων υψών βροχόπτωσης σε μορφή καννάβου που προέρχονται από κλιματικά μοντέλα. Ο υπολογιστικός κάρναβος θα έχει κατάλληλο μέγεθος σχετιζόμενο με την έκταση της

λεκάνης απορροής π.χ. (5x5 Km) και θα εισαχθούν συνορθωμένα ημερήσια μετεωρολογικά δεδομένα, από κλιματικά μοντέλα όπως η βροχόπτωση, η θερμοκρασία αέρα, η δυνητική εξατμοδιαπνοή, η εξάτμιση από υδάτινα σώματα κ.λπ. Στα εισαγόμενα υδρομετεωρολογικά κλιματικά μεγέθη ανά θέση καννάβου του μοντέλου προτείνεται η προσαρμογή της θεωρητικής κατανομής ακραίων τιμών Gumbel ή άλλης κατανομής μεγίστων (π.χ. Pearson III) για την εκτίμηση των μεγεθών ανά επιλεγμένες περιόδους επαναφοράς. Στις περιπτώσεις ύπαρξης δεδομένων υδρομετρήσεων σε επιλεγμένες θέσεις του υδροσυστήματος, προτείνεται η βαθμονόμηση του υδρολογικού μοντέλου σε συνθήκες ιστορικών γεγονότων.

Εικόνα 6 : Σχηματικό διάγραμμα μελέτης της κλιματικής αλλαγής στο πλαίσιο αξιολόγησης της πλημμυρικής επικινδυνότητας και κινδύνου (Προσαρμογή από Feyenetal, 2012)



3.2.2 Θαλάσσιες πλημμύρες

Στη βιβλιογραφία και διεθνή τεχνολογική πρακτική αναπτύσσονται αρκετές μεθοδολογίες για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στο παράκτιο περιβάλλον. Τα μοντέλα διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες: α) Απλά μοντέλα δεικτών, β) Μεθοδολογίες δεικτών, γ) Μεθοδολογίες Συστημάτων Υπόστηριξης Απόφασης, και δ) Δυναμικά εξελιγμένα μοντέλα.

Συνοπτικά αναφέρονται για την πρώτη κατηγορία των απλών μοντέλων δεικτών οι παρακάτω μεθοδολογίες :

- Παράκτιος δείκτης τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index- CVI).
- Παράκτιος δείκτης τρωτότητας για την ανύψωση της στάθμης θάλασσας (Coastal vulnerability index for sea level rise – CVI (SLR)).
- Σύνθετος παράκτιος δείκτης τρωτότητας (Composite Vulnerability Index).
- Δείκτης τρωτότητας πολλαπλής κλίμακας (Multi-scale coastal vulnerability index).

Περισσότερες πληροφορίες για την εφαρμογή των μοντέλων παράκτιου περιβάλλοντος και τα συγκριτικά πλεονεκτήματα κάθε κατηγορίας δίνονται στην εργασία των Ramieri et al. (2011).

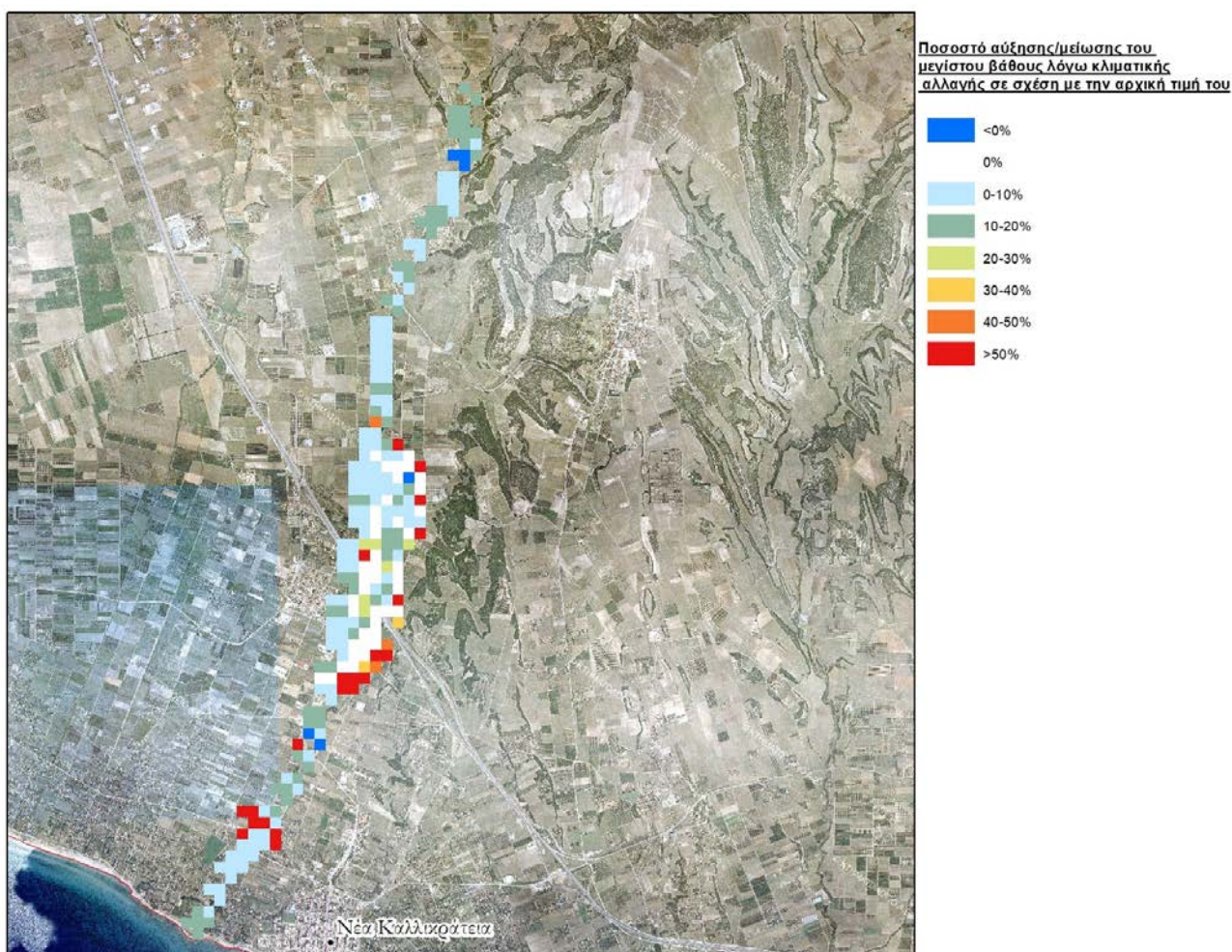
3.3 Πιλοτική Εφαρμογή Επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής

Για πληρέστερη αξιολόγηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική προσομοίωση, η οποία βασίζεται στην τυποποίηση της κλιματικής αλλαγής στην επίδραση των πλημμυρών που εφαρμόζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία, όπου προσαυξάνονται οι τιμές των πλημμυρογραφημάτων κατά 20%.

Η πιλοτική προσομοίωση πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Καλλικράτεια του ΥΔ.10, όπου τρεις σχετικά μικρές λεκάνες φορτίζουν το πλημμυρικό πεδίο. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή του χάρτη βαθών πλημμύρας μεταξύ της φυσικοποιημένης πλημμυρικής φόρτισης και της φόρτισης της κλιματικής αλλαγής προσαυξημένης κατά 20% σε σχέση με την φυσικοποιημένη.

Παρατηρούμε μια σημαντική διαφοροποίηση των μεγίστων βαθών στο σενάριο της κλιματικής αλλαγής καθώς η πλειοψηφία του καννάβου εμφανίζει μέγιστα βάθη προσαυξημένα στην κλάση 10-20%, ενώ υπάρχουν και περιοχές όπου και εμφανίζεται αύξηση μεγαλύτερη από 50%.

Εικόνα 7 : Ποσοστιαία μεταβολή σεναρίων φυσικοποιημένης πλημμυρικής απορροής και σεναρίου κλιματικής αλλαγής (T=100)- Περιοχή Καλλικράτεια



3.4 Ιεράρχηση ΖΔΥΚΠ για Εφαρμογή της Μεθοδολογίας

Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα του Σταδίου Ι της μελέτης σε σχέση με την εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας και του κινδύνου πλημμύρας στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται μια κατάταξη των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, για την ανάπτυξη μεθοδολογιών εκτίμησης της επιρροής της κλιματικής αλλαγής. Η κατάταξη έγινε λαμβάνοντας υπόψιν κριτήρια, όπως οι εκτάσεις των περιοχών αποστράγγισης και των λεκανών απορροής φόρτισης, οι εκτάσεις των λεκανών απορροής φόρτισης εκτός συνόρων, τα μεγέθη των υδάτινων σωμάτων, οι χρήσεις γης, η περιβαλλοντική αξία των περιοχών κλπ..

Πίνακας 2 : Κατάταξη περιοχών με βάση τη σημαντικότητα μελέτης σεναρίων κλιματικής αλλαγής

A/A	Ονομασία ζώνης	Κωδικός	Έκταση (km ²)
1	Χαμηλή ζώνη λεκανών περιφερειακής τάφρου Τ66, ποταμών Λουδία, Αξιού, συμπεριλαμβανομένης της περιοχής της πρώην λίμνης Αρτζάν, και Γαλλικού, παραλίμνιες εκτάσεις λίμνης Δοϊράνης, χαμηλή ζώνη λεκάνης λιμνών Κορώνειας-Βόλβης, χαμηλή ζώνη Πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης και ρέματος Ανθεμούντας	EL10RAK0008	3297
2	Χαμηλή ζώνη λεκανών ρεμάτων Ν. Μουδανιών, Αγ. Μάμα και βόρειου τμήματος χερσονήσου Κασσάνδρειας Χαλκιδική	EL10RAK0003	211
3	Χαμηλή ζώνη περιοχή Ξηροποτάμου λεκάνης λίμνης Βόλβης	EL10RAK0007	65
4	Χαμηλή ζώνη λεκάνης ρέματος Ν. Ηρακλείας, Ν. Καλλικράτειας	EL10RAK0004	49
5	Άνω ρους νότιων ρεμάτων λιμνών Κορώνεια Βόλβη (περιοχή Ζαγκλιβέριο)	EL10RAK0006	36
6	Παραθαλάσσια ζώνη Επανομής	EL10RAK0005	28
7	Παραθαλάσσια ζώνη περιοχών Χανιώτη Πολύδροσο νότιου τμήματος χερσονήσου Κασσάνδρειας	EL10RAK0001	24
8	Κατάντηρους π. Χαβρία	EL10RAK0009	21
9	Παραθαλάσσια ζώνη περιοχής Αγ. Νικολάου	EL10RAK0002	3

Σε σχέση με την εκτίμηση της κλιματικής αλλαγής στις θαλάσσιες πλημμύρες η μελέτη πρέπει να στραφεί στις περιοχές της «Χαμηλής ζώνης λεκανών περιφερειακής τάφρου Τ66, ποταμών Λουδία, Αξιού, συμπεριλαμβανομένης της περιοχής της πρώην λίμνης Αρτζάν, και Γαλλικού, παραλίμνιες εκτάσεις λίμνης Δοϊράνης, χαμηλής ζώνης λεκάνης λιμνών Κορώνειας-Βόλβης, χαμηλής ζώνης Πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης και ρέματος Ανθεμούντας» που ήδη έχουν εμφανιστεί ευάλωτες σε πλημμύρες κατά την ανάλυση του Σταδίου Ι.

4 Συμπεράσματα

Η κλιματική αλλαγή είναι κρίσιμη για το πλημμυρικό καθεστώς, καθώς επιδρά σημαντικά στο μέγεθος και στη διάρκεια της πλημμύρας.

Στην παρούσα τεχνική έκθεση έγινε μια αναλυτική επισκόπηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στο πλημμυρικό καθεστώς διεθνώς, καθώς και με συγκεκριμένες αναφορές στη χώρα μας, όπως επίσης και το Υ.Δ. της Κεντρικής Μακεδονίας.

Παρουσιάστηκε ένα εφαρμοσμένο μεθοδολογικό πλαίσιο βασισμένο στην διεθνή εμπειρία για την ενσωμάτωση των προβλέψεων της κλιματικής αλλαγής στο σχέδιο διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου ενώ παρουσιάστηκε και μία πιλοτική εφαρμογή τυποποίησης της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής με βάση Ευρωπαϊκά Πρότυπα του Ηνωμένου Βασιλείου και της Ιρλανδίας.

Οι υφιστάμενες μελέτες που αναφέρονται στην περιοχή μελέτης, δεν δείχνουν μια σαφή τάση βροχοπτώσεων η οποία να συνδέεται με την κλιματική αλλαγή. Η μεθοδολογία που προτείνεται στα προηγούμενα κεφάλαια και εφαρμόζεται σε άλλες χώρες, θα διερευνά ολοκληρωμένα τη σχέση όλων των κλιματικών παραμέτρων με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις πλημμύρες.

Η επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής, μέσω της πιλοτικής εφαρμογής επίδειξης είναι ιδιαίτερα σημαντική στο υδραυλικό καθεστώς των ευσπρόβλητων περιοχών και μελλοντικά μια πληρέστερη και εκτενέστερη εφαρμογή στο ΥΔ είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου.

5 Βιβλιογραφία

- Borga, M., Anagnostou, E., Blöschl, G., and Creutin, J. D.: Flash flood forecasting, warning and risk management: the HYDRATE project, *Environ. Sci. Policy*, 14, 834–844, doi:10.1016/j.envsci.2011.05.017, 2011.
- Bosello, F., Nicholls, R. J., Richards, J., Roson, R., & Tol, R. S. (2012). Economic impacts of climate change in Europe: sea-level rise. *Climatic change*, 112(1), 63-81.
- Diakakis, M.: An inventory of flood events in Athens, Greece, during the last 130 years, seasonality and spatial distribution, *J. Flood Risk Manage.*, doi:10.1111/jfr3.12053, 2014
- Dankers R, Feyen L (2008) Climate change impact on flood hazard in Europe: an assessment based on high resolution climate simulations. *J Geophys Res.* doi:10.1029/2007JD009719
- Feyen, L., Dankers, R., Bódis, K., Salamon, P., & Barredo, J. I. (2012). Fluvial flood risk in Europe in present and future climates. *Climatic change*, 112(1), 47-62.
- Gaume, E., Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Barbuc, M., Bateman, A., Blaškovič, L., Blöschl, G., Borga, M., Dumitrescu, A., Daliakopoulos, I., Garcia, J., Irimescu, A., Kohnova, S., Koutroulis, A., Marchi, L., Matreata, S., Medina, V., Preciso, E., Sempere-Torres, D., Stancalie, G., Szolgay, J., Tsanis, I., Velasco, D., and Viglione, A.: A compilation of data on European flash floods, *J. Hydrol.*, 367, 70–78, doi:10.1016/j.jhydrol.2008.12.028, 2009.
- Giannakopoulos, C., Kostopoulou, E., Varotsos, K. V., Tziotziou, K., & Plitharas, A. (2011). An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. *Regional Environmental Change*, 11(4), 829-843.
- Hirabayashi Y, Kanae S, Emori S, Oki T, Kimoto M (2008) Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *HydroSci J* 53(4):754–773.
- Huntington, T. G.: Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis, *J. Hydrol.*, 319, 83–95, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.07.003, 2006.
- Kundzewicz, Z. W., Luger, N., Dankers, R., Hirabayashi, Y., Döll, P., Pińskwar, I., ...& Matczak, P. (2010). Assessing river flood risk and adaptation in Europe—review of projections for the future. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(7), 641-656.
- Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., ...& Muir-Wood, R. (2014). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1-28.
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., & Kaspar, F. (2006). Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change*, 75(3), 273-299.
- Lindenschmidt, K. E., Hattermann, F., Mohaupt, V., Merz, B., Kundzewicz, Z. W., & Bronstert, A. (2007). Large-scale hydrological modelling and the water framework directive and floods directive of the European Union—10th workshop on large-scale hydrological modelling. *AdvGeosci*, 11, 1-6.

- Mimikou, M. A., & Baltas, E. A. (2013). Assessment of climate change impacts in Greece: a general overview. *American Journal of Climate Change*, 2(01), 46.
- Raff, D. A., Pruitt, T., and Brekke, L. D.: A framework for assessing flood frequency based on climate projection information, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13, 2119–2136, doi:10.5194/hess-13-2119-2009, 2009.
- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F. D., Gomes, A., Hilden, M., & Santini, M. (2011). Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. European Topic Centre on climate change impacts, vulnerability and adaptation (ETC CCA) technical paper, Bologna (IT), 93.
- Salinas, J. L., Castellarin, A., Kohnová, S., & Kjeldsen, T. R. (2013). On the quest for a pan-European flood frequency distribution: effect of scale and climate. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 10(5), 6321-6358.
- Rojas, R., Feyen, L., Bianchi, A., & Dosio, A. (2012). Assessment of future flood hazard in Europe using a large ensemble of bias-corrected regional climate simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D17).
- Schneider, C., Laizé, C. L. R., Acreman, M. C., & Florke, M. (2013). How will climate change modify river flow regimes in Europe?. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(1), 325-339.



Ειδική Γραμματεία Υδάτων,
Αμαλιάδος 17, 4ος ορόφος
115 23 Αθήνα
Τηλ: 210 6475101
Φαξ: 210 699 4357
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: info.egy@prv.ypeka.gr



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης