

Interreg

Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



ERMIS - F

**Environmental Risk Management
Information Service - Floods**



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



**ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών Κινδύνων - Πλημμύρες ERMIS-F

ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ

2^ο ΤΕΥΧΟΣ
2/2020

Η Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών Κινδύνων - Πλημμύρες (ERMIS-F) επικεντρώνεται στις πλημμύρες σε μια ιδιαίτερα ευάλωτη περιοχή, στην ανατολική Μεσόγειο και ειδικότερα σε Β. Αιγαίο, Κρήτη και Κύπρο. Η Υπηρεσία **ERMIS-F** παρέχει κατάλληλη, επιστημονικά τεκμηριωμένη, πληροφορία για τη λήψη αποφάσεων, χειρισμό πλημμυρικών φαινομένων, σχεδιασμό πόλης, σε ειδικούς, επαγγελματίες και αρμόδιους φορείς ενώ επιτρέπει την ενεργή συμμετοχή των πολιτών μέσω ειδικών εφαρμογών, μετατρέποντας την κοινή ευθύνη σε προσωπική και συλλογική δράση.

www.ermis-f.eu

**Αφιέρωμα
Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης**

Η δημόσια λειτουργία της Υπηρεσίας ERMIS-F είναι γεγονός!

Τον Ιανουάριο του 2020, τέθηκε σε δημόσια λειτουργία η **Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών Κινδύνων-Πλημμύρες, ERMIS-F.**



Η Υπηρεσία ERMIS-F είναι προσβάσιμη σε όλους, με εφαρμογές που εστιάζουν σε πολίτες και φορείς καθ' ύλην αρμόδιους σε θέματα διαχείρισης πλημμυρικού κινδύνου καθώς και σε επαγγελματίες, μηχανικούς, τοπογράφους κα. Εργαστήρια γνωριμίας με την Υπηρεσία οργανώνονται από τα Κέντρα Πληροφόρησης ERMIS-F στις πιλοτικές περιοχές, ενώ παράλληλα διεξάγονται δράσεις ενημέρωσης του γενικού πληθυσμού και των νέων (ενημερωθείτε για τις πρόσφατες δράσεις που υλοποιήθηκαν στο: <https://ermis-f.eu/nea/>).

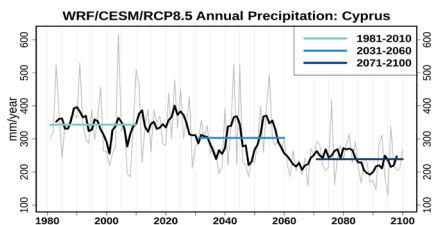
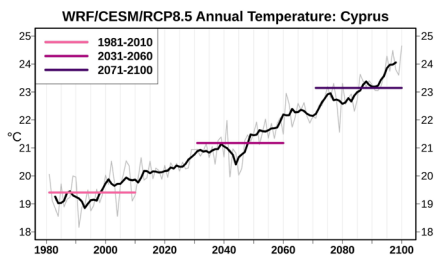
Για να ενημερωθείτε για το πώς μπορείτε να αξιοποιήσετε την Υπηρεσία ERMIS-F καθώς και για να ζητήσετε να συμμετέχετε σε εργαστήριο χρήσης, σε Κρήτη, Λέσβο και Κύπρο, μπορείτε να επικοινωνείτε με το info@ermis-f.eu.

Ολοκλήρωση Κλιματικών Προσομοιώσεων για την Ανατολική Μεσόγειο

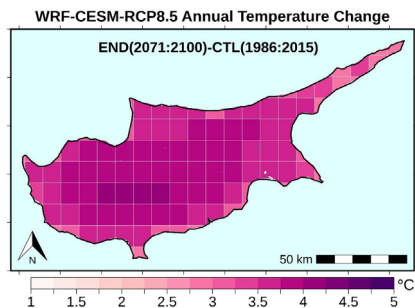
Στο πλαίσιο του έργου ERMIS-Floods η ομάδα του Ινστιτούτου Κύπρου πραγματοποίησε κλιματικές προσομοιώσεις με στόχο την καλύτερη εκτίμηση του κλίματος της περιοχής μας στο μέλλον. Οι προσομοιώσεις, οι οποίες έλαβαν χώρα στον υπερ-υπολογιστή Cy-Tera του Ινστιτούτου Κύπρου, καλύπτουν ολόκληρο τον 21ο αιώνα, εστιάζουν στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και συμπεριλαμβάνουν όλες τις πιλοτικές περιοχές του έργου ERMIS-Floods. Χρησιμοποιήθηκε το αριθμητικό μοντέλο WRF, λαμβάνοντας υπόψη ένα σενάριο έντονων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η διακριτική ικανότητα του μοντέλου σε αυτή τη φάση έφτασε τα 12 χλμ. Μία πρώτη ανάλυση για την πιλοτική περιοχή της Κύπρου,

δυστυχώς, επιβεβαιώνει τις τάσεις προς θερμότερες και πιο ξηρές κλιματικές συνθήκες στη Μεσόγειο. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με αυτό το σενάριο, αναμένουμε μία θέρμανση ίση με 3.5 βαθμούς Κελσίου προς το τέλος του αιώνα, ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση ενδέχεται να μειωθεί κατά περίπου 25-30%. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, παρά τη γενική τάση μείωσης της βροχόπτωσης, η κλιματική αλλαγή ενδέχεται να ευνοήσει ή να ενισχύσει τη συχνότητα εμφάνισης αλλά και τη δριμύτητα ακραίων καιρικών φαινομένων όπως επεισοδίων βροχόπτωσης και πλημμυρών.

Το ενδεχόμενο αυτό θα μελετηθεί ενδελεχώς κατά τη δεύτερη φάση κλιματικών προσομοιώσεων του έργου ERMIS-F οι οποίες βρίσκονται σε εξέλιξη. Αυτές θα είναι σε πολύ μεγαλύτερη χωρική ανάλυση και θα εστιάσουν στα πιο ακραία μελλοντικά επεισόδια βροχόπτωσης.



Κλιματικές προβλέψεις μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για την Κύπρο σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5. Οι γκρι καμπύλες αναπαριστούν τις ετήσιες χρονοσειρές, οι μαύρες καμπύλες τον κινητό μέσο όσο πέντε ετών. Μέσες τιμές για τρεις χρονικές περιόδους αναπαρίστανται από τα χρωματιστά ευθύγραμμα τμήματα σύμφωνα με το υπόμνημα. Εκτιμήσεις μεταβολής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην Κύπρο για την περίοδο 2071- 2100 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς (1986-2015) σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5.



Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης (early warning system) ERMIS-F

Από το σχεδιασμό της **Διαδικτυακής Υπηρεσίας Περιβαλλοντικών Κινδύνων – Πλημμύρες, ERMIS-F** είχε εντοπιστεί η ανάγκη παρακολούθησης της εξέλιξης των βροχοπτώσεων τόσο κατά τα πρώτα στάδια εκδήλωσής τους, όσο και καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου, αλλά και μετά την λήξη του. Καλύπτοντας αυτή την ανάγκη επιτυγχάνεται: η έγκαιρη προειδοποίηση των αρχών και των πολιτών σε περίπτωση ακραίων φαινομένων, η πρόληψη ώστε να αντιμετωπίζονται οι επιπτώσεις των έντονων βροχοπτώσεων, η βέλτιστη αντιμετώπιση των ενδεχόμενων πλημμυρών καθώς και ο εντοπισμός των όποιων προβλημάτων τυχόν προκύψουν. Στο πλαίσιο ανάδειξης μέτρων που πρέπει να λαμβάνονται για την πρόληψη και μείωση κινδύνων από ενδεχόμενα περιστατικά πλημμύρας η Υπηρεσία ERMIS-F έχει εγκαταστήσει μετεωρολογικούς σταθμούς στις πιλοτικές περιοχές και έχει δημιουργήσει **“Συστήμα Έγκαιρης Προειδοποίησης”** που συλλέγει σε πραγματικό χρόνο δεδομένα βροχοπτώσεων και

δίνει τη δυνατότητα αποστολής ενημερωτικών μηνυμάτων προειδοποίησης (sms) σε αρμόδιους φορείς. Το **Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης**, είναι ένα εργαλείο στη διάθεση αρμοδίων φορέων ώστε να διευκολύνει την έγκαιρη παρέμβαση και ενημέρωση κοινού και όποια άλλη προβλεπόμενη δράση, πριν αλλά και κατά την ώρα της πλημμύρας. Το **Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης** δεν απευθύνεται σε πολίτες ή επαγγελματίες αλλά μόνο σε εξουσιοδοτημένους φορείς, που έχουν την ευθύνη λήψης αποφάσεων και συντονισμού δράσεων, σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Στο πλαίσιο υλοποίησης της Πράξης «Διαδικτυακής Υπηρεσίας Περιβαλλοντικών Κινδύνων – Πλημμύρες, ERMIS-F» του Προγράμματος InterregV- A (2014-2020) Συνεργασία Ελλάδας Κύπρου, εγκαταστάθηκαν στις πιλοτικές περιοχές βροχομετρικοί σταθμοί των οποίων οι μετρήσεις παρακολουθούνται και αναλύονται από το Πολυτεχνείο Κρήτης, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού-Αμαθούντας (ΣΑΛΑ). Βάση αυτών των στοιχείων η Υπηρεσία ERMIS-F συλλέγει, μοντελοποιεί, αναλύει και δημοσιεύει πληροφορίες περιβαλλον-

τικής εκτίμησης επικινδυνότητας
- που αφορούν τον εκτίμηση
κινδύνου για πλημμύρες, με τη
μορφή πλημμυρικών χαρτών
και πληροφοριών ιστορικών
πλημμυρών. Παράλληλα, η
Υπηρεσία ERMIS-F παρέχει
δεδομένα σε πραγματικό χρόνο
προερχόμενα από τους πολίτες
που αναρτούν φωτογραφίες
γεγονότων μέσω των εφαρμογών
Πληθοπορισμού / Crowdsourcing
και Κοινωνικού Δικτύου.

Οι καταγραφές που
πραγματοποιούνται μέσω των
μετεωρολογικών σταθμών
που έχουν τοποθετηθεί στις
τρεις πιλοτικές περιοχές,
παρουσιάζονται σε πραγματικό
χρόνο στον ιστότοπο του
Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών,
διασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα
του σταθμού και μετά το πέρας
του Έργου.

Τρόπος παρακολούθησης / μετρήσεως του φαινομένου της Πλημμύρας

Περιγραφή περιοχής μελέτης – Ρέμα στην περιοχή του Σταλού Νέας Κυδωνίας, Κρήτης Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η λεκάνη απορροής της περιοχής
του Σταλού βρίσκεται έξι χιλιόμε-
τρα δυτικά της πόλης των Χανίων,
στην περιοχή της Νέας Κυδωνίας,
στην Βόρεια ακτή της Περιφερει-
ακής Ενότητας Χανίων στην
Περιφέρεια Κρήτης, όπως φαίνεται
στην παρακάτω εικόνα:

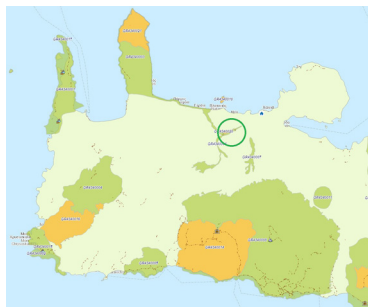


Η λεκάνη απορροής καταλαμβάνει
έκταση 21.9 τετραγωνικά χιλιόμε-
τρα, με περίμετρο 31.9 χιλιόμετρα,
κι εκτείνεται σε κατεύθυνση Βορρά
– Νότου από τα βόρεια παράλια
του Νομού Χανίων, στον Κάτω
Σταλό, έως τα νότια όρια του Άνω
Σταλού, ενώ σε κατεύθυνση Δύση –
Ανατολής από τον Πλατανιά έως το
ρέμα του Κλαδισού. Το υπό μελέτη

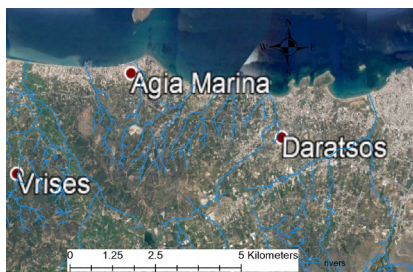
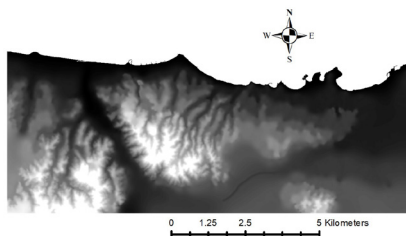
ρέμα βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής, ξεκινώντας από δύο παρακλάδια στον Άνω Σταλό, που ενώνονται στα Νότια όρια του Κάτω Σταλού και καταλήγει στην παραλία του Κάτω Σταλού. Το ρέμα βρέθηκε να έχει 5 παρακλάδια, όπως ορίστηκαν από το λογισμικό ArcGIS και το Hydrology Toolbox, και κάθε ένα από αυτά είχε την δική του υπολεκάνη απορροής.



Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν περιοχές Natura 2000, στα ανάντη του ρέματος υπό μελέτη, όμως εκτός των ορίων μελέτης των επιμέρους υπολεκανών, όπως απεικονίζονται παρακάτω:



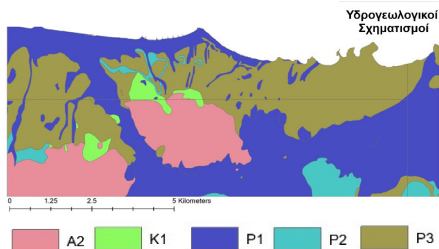
Το τοπογραφικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής ποικίλει, με το μέγιστο υψόμετρο να φτάνει τα 265μ στα νότια της λεκάνης απορροής και το ελάχιστο να βρίσκεται στα Βόρεια της περιοχής μελέτης με υψόμετρο 0μ, στα παράλια του Κάτω Σταλού. Η βλάστηση είναι αραιή, ενώ το υδρογραφικό δίκτυο είναι σχετικά πυκνό, αλλά με μικρού μεγέθους ρέματα με εποχική ροή.



Γεωλογία

Στην περιοχή μελέτης οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι πορώδεις σχηματισμοί κυμαίνον-μενης υδροπερατότητας ως επί το πλείστον, με σημαντικές ποσότητες αδιαπέρατων γεωλογικών

σχηματισμών, αλλά καρστικών πετρωμάτων, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



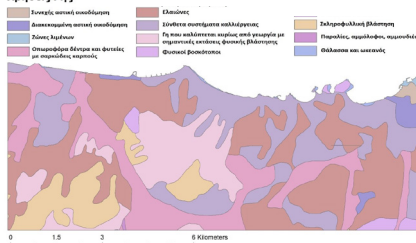
Η επεξήγηση των πετρωμάτων στο χάρτη ακολουθεί:

- A2: Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί μικρής έως πολύ μικρής διαπερατότητας.
- K1: Υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας. Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μάρμαρα υψηλής έως μέτριας υδροπερατότητας.
- P1: Κοκκώδεις προσχωματικές κυρίως αποθέσεις κυμαινόμενης υδροπερατότητας.
- P2: Μειοκαινικές και πλειοκαινικές αποθέσεις μέτριας έως μικρής υδροπερατότητας.
- P3: Κοκκώδεις μη προσχωματικές αποθέσεις μικρής έως πολύ μικρής υδροπερατότητας.

Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης αποτελούνται κυρίως από ελαιώνες (32,8%) και εκτάσεις που καλλιεργούνται με σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (23,6%). Σε μικρότερο ποσοστό η έκταση της περιοχής μελέτης καλύπτεται από οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς (17,5%), καθώς επίσης από καλλιεργημένα αγροτεμάχια με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης (12,6%) και σκληροφυλλική βλάστηση (8,8%). Οι υπόλοιπες κατηγορίες εδαφοκάλυψης απαντώνται σε μικρότερα ποσοστά, συγκεκριμένα

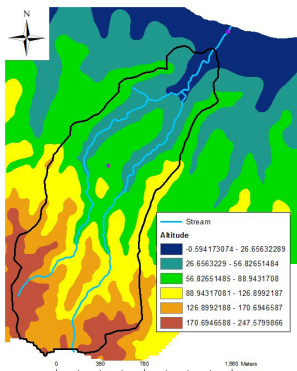
Χρήσεις Γης



Τρόπος παρακολούθησης / μετρήσεως του φαινομένου της Πλημμύρας

Στο πλαίσιο του προγράμματος ERMIS-F, το Εργαστήριο Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης ανέλαβε την μοντελοποίηση πλημμυρικών φαινομένων για την

πυλοτική περιοχή του Κάτω Σταλού Νέας Κυδωνίας. Ως εκ τούτου, για την άντληση δεδομένων από την περιοχή μελέτης τοποθετήθηκε ένας σταθμός καταγραφής και μέτρησης στάθμης, καθώς κι ένας μετεωρολογικός σταθμός. Οι δύο σταθμοί έχουν τοποθετηθεί στα άκρα του υπό μελέτη ρέματος, συγκεκριμένα ο Μετεωρολογικός σταθμός έχει τοποθετηθεί στα ανάντη της υπολεκάνης, στη δημοτική Βιβλιοθήκη του Άνω Σταλού, ενώ ο σταθμός μέτρησης στάθμης έχει τοποθετηθεί στην εκβολή του ρέματος, στα κατόντη της υπολεκάνης.



Εικόνα 1: Η τοποθεσία των δύο σταθμών μέτρησης στο ρέμα του Σταλού.



Εικόνα 2: Ο σταθμός μέτρησης στάθμης με Radar, στον Κάτω Σταλό

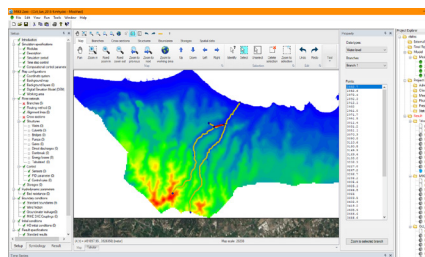


Εικόνα 3: Ο μετεωρολογικός σταθμός, στη Δημοτική Βιβλιοθήκη του Άνω Σταλού

Τρόποι /στοιχεία για την έγκαιρη προειδοποίηση

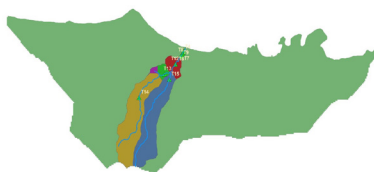
Για την υλοποίηση του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης απαραίτητη είναι η δυνατότητα πρόβλεψης τυχόν πλημμυρικών γεγονότων μετά από έντονη βροχόπτωση. Η διαδικασία αυτή καλείται μοντελοποίηση, καθώς προσομοιώνεται μαθηματικά ο συσχετισμός μεταξύ έντασης βροχόπτωσης και όγκου νερού, καθώς και η κίνηση του νερού στο πεδίο μελέτης.

Για την παραπάνω διεργασία έγινε χρήση του frontend MIKE Zero, το οποίο είναι το πρόγραμμα που προετοιμάζει τα δεδομένα για τα επιμέρους modules του MIKE HYDRO, αλλά και για όλα τα πακέτα λογισμικού MIKE.



Εικόνα 4: Το κύριο παράθυρο εργασίας του MIKE HYDRO River.

Η επόμενη ενότητα είναι ο ορισμός του ποταμού υπό μελέτη, και των branches που το απαρτίζουν. Για τον ορισμό των branches, έπρεπε να βρεθεί ο αριθμός των υπολεκάνών στην περιοχή μελέτης. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το ArcGIS και το εργαλείο Watershed του Spatial Analyst Toolbox, στην κατηγορία Hydrology.



Εικόνα 5: Υπολεκάνες απορροής για κάθε ένα παρακλάδι (branch) του υπό μελέτη ρέματος.

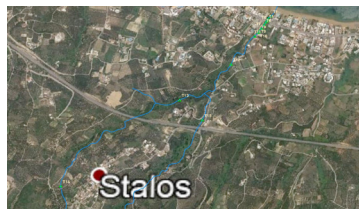
Τα παρακλάδια του ρέματος ορίστηκαν ως 5, ξεκινώντας την αρίθμηση από τα κατάντη του ρέματος. Κάθε παρακλάδι είχε την δική του λεκάνη απορροής. Για το Mike HYDRO αυτό σημαίνει ότι η βροχόπτωση που πέφτει στην κάθε υπολεκάνη καταλήγει

σε ένα ποσοστό στο αντίστοιχο παρακλάδι του ρέματος.

	Name	Topo ID	Start Chainage	End Chainage	Flow Direction	Branch Type	Upstr. connect.
1	Branch 1	2018	2832.75	3647.16	Positive	Regular	Branch
2	Branch 2	2018	15.59	2502.13	Positive	Regular	Branch
3	Branch 3	2018	0	2832.75	Positive	Regular	Branch
4	Branch 4	2018	2321.74	2502.13	Positive	Regular	Branch
5	Branch 5	2018	2502.13	2832.75	Positive	Regular	Branch

Εικόνα 6: Τα 5 παρακλάδια του ρέματος, με τις αρχικές και τελικές συντεταγμένες μήκους (chainage).

Στη συνέχεια για τον χαρακτηρισμό του ποταμού, εισάγονται τομές του ρέματος. Στην παρούσα εργασία χρειάστηκε να παρθούν μετρήσεις τομών του ρέματος, για τις οποίες πραγματοποιήθηκε επιτόπια αυτοψία. Οι τομές πάρθηκαν χρησιμοποιώντας GPS για τα σημεία εκκίνησης των τομών, και μετροταινία για καταγραφή των αποστάσεων τόσο μεταξύ των σημείων της εκάστοτε τομής, όσο και μεταξύ των διαφορετικών τομών.



Έχοντας ορίσει την υπό μελέτη περιοχή και τα επιμέρους στοιχεία της, εισάγονται πλέον πραγματικά στοιχεία βροχόπτωσης από τον μετεωρολογικό σταθμό ως δεδομένα εισόδου και εξάγονται δεδομένα στάθμης στην εκβολή

του ρέματος. Κρίσιμο στοιχείο είναι η βαθμονόμηση (calibration) του υπολογιστικού μοντέλου ώστε να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα σε ικανοποιητικό βαθμό (validation). Με την τελική υλοποίηση του μοντέλου, υπάρχει ξεκάθαρος συσχετισμός μεταξύ έντασης βροχής και πλημμυρικών φαινομένων, το οποίο συνεπάγεται ότι μπορεί να προβλεφθεί πως από μια ένταση βροχής και πάνω υπάρχει αυξημένος κίνδυνος για πλημμυρικό γεγονός στην περιοχή. Το μαθηματικό μοντέλο εξάγει τις κρίσιμες αυτές τιμές έντασης βροχής και με την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της έντασης στον εγκατεστημένο μετεωρολογικό σταθμό, δίνεται πλέον η δυνατότητα ειδοποίησης των αρχών για ενδεχόμενο πλημμυρικό φαινόμενο, όταν υπερβεί η ένταση της βροχής τα προκαθορισμένα και υπολογισμένα κατώφλια.

Περιγραφή της Λεκάνης Απορροής της Καλλονής, Λέσβου και του Συστήματος Έγκαιρης Προειδοποίησης Κινδύνου Πλημμύρας

Η Λέσβος παρουσιάζει μία από τις υψηλότερες συχνότητες πλημμυρών στην Ελλάδα, κατά

μέσο όρο μία (1) πλημμύρα ανά 2.6 έτη με βάση στοιχεία που συλλέχθηκαν μεταξύ 1952 και 2017 (Λέκκας Ε., 2017). Οι πλημμύρες δείχνουν υψηλή εποχικότητα, οι περισσότερες από τις οποίες συμβαίνουν μεταξύ των μηνών Οκτωβρίου και Φεβρουαρίου. Χαρακτηρίζονται ως αιφνίδιες πλημμύρες μικρής διάρκειας με ταχεία άνοδο της στάθμης του νερού και είναι αποτέλεσμα καταιγίδων υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας.

Η λεκάνη απορροής της Καλλονής έχει έκταση περίπου 39 km² (Εικόνα 1). Η Καλλονή, η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στη Λέσβο, βρίσκεται στο Νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού και είναι μια από τις πόλεις που πλήττεται σε μεγαλύτερο βαθμό από πλημμυρικά φαινόμενα. Σημαντικές πλημμύρες συνέβησαν το 1986, 2005, 2011 και 2016 (Matrai and Tzoraki, 2018).

Η πόλη της Καλλονής διασχίζεται από τον ποταμό Αχερώνα, όπου αποτελείται από τα ρέματα του Κυπριανού και Λαχανικού που ενώνονται λίγο πριν τον οικισμό, σύμφωνα με το χάρτη 1:50,000 του ΙΓΜΕ (Εικόνα 2). Στο σημείο ένωσης των δύο ποταμών, ένας τοίχος ανυψώθηκε το 2015 στις όχθες του ποταμού, με στόχο να αποφευχθεί η υπερχειλίση κατά τη διάρκεια

ραγδαίων πλημμυρών και μεγάλων παροχών. Πολλά χρόνια πριν, η κοίτη του Αχερώνα εγκιβωτίστηκε και καλύφθηκε σε μεγάλο μήκος εντός του οικισμού, ώστε να διαμορφωθεί δρόμος, πλατεία, πεζοδρόμια και χώροι στάθμευσης. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων η παροχέτευση των όμβριων υδάτων γίνεται μέσω αυτής της «σήραγγας». Δυστυχώς, δεν υπήρξε πρόβλεψη για την εύκολη πρόσβαση και καθαρισμό της σήραγγας, με αποτέλεσμα τη βαθμιαία συγκράτηση μέσα σε αυτή φερτών υλικών και στερεών αποβλήτων και τελικά τη μείωση της παροχευτικότητας του ποταμού στη θέση αυτή. Σήμερα είναι άγνωστη η εναπομένουσα διατομή της σήραγγας για την ελεύθερη δίοδο των όμβριων υδάτων.



Εικόνα 2: Χάρτης - Ποταμός Αχερώνας, Καλλονής

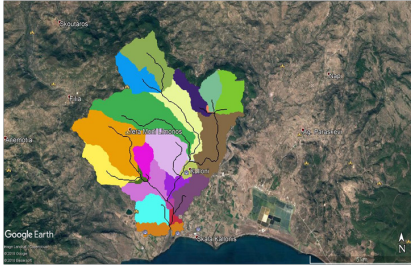


Εικόνα 1: Λεκάνη απορροής Καλλονής Λέσβου

Γεωμορφολογικά Χαρακτηριστικά Λεκάνης Απορροής Καλλονής

Έπειτα από γεωμορφολογική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό ArcGIS και συγκεκριμένα τη χρήση της εργαλειοθήκης ArcHydro, για την περιοχή μελέτης της Καλλονής, οριοθετήθηκαν 23 υπολεκάνες και 23 τμήματα ρέματος αντίστοιχα για κάθε υπολεκάνη (Εικόνα 3). Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης επηρεάζεται από την τοπική μορφολογία που έχει καθοριστεί από την τεκτονική δομή και την φύση των πετρωμάτων. Η βασική τεκτονική δομή είναι επίσης εκείνη που καθορίζει και την διεύθυνση των ποταμών και των χειμάρρων. Το πολυσχιδές και σχετικά απότομο ανάγλυφο της ευρύτερης λεκάνης απορροής της Καλλονής και οι ραγδαίες βροχοπτώσεις δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες σχηματισμού ποταμοχειμάρρων. Έτσι, το υδρογραφικό δίκτυο της Καλλονής χαρακτηρίζεται ως δενδριτικού τύπου με πολλούς εφήμερους

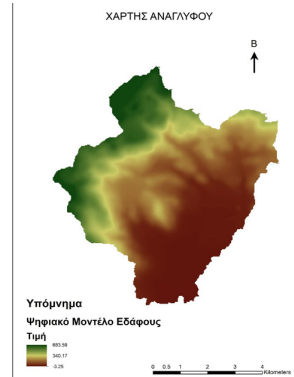
χειμάρρους διαλείπουσας ροής, στις εκβολές των οποίων, στην παράκτια πεδινή ζώνη, αναπτύσσονται αρκετοί υγρότοποι και ελώδης εκτάσεις.



Εικόνα 3: Οριοθέτηση υπολεκάνων και υδρογραφικού δικτύου

Τοπογραφικό ανάγλυφο

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής ποικίλει από πεδινό έως ορεινό, με υψόμετρο που φθάνει στα βορειοδυτικά τα 675 m. Το βορειοδυτικό και δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης είναι ορεινό, ενώ το βορειοανατολικό και κεντρικό είναι ενδιάμεσο λοφώδες, με μέσο υψόμετρο τα 300 m. Στο νότιο τμήμα της περιοχή μελέτης εντοπίζεται μία μεγάλη πεδινή έκταση με υψόμετρο σχεδόν ίσο με το θαλάσσιο υψόμετρο.

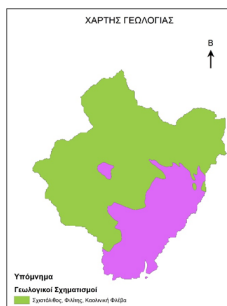


Εικόνα 4: Υψομετρικός χάρτης εδάφους

Γεωλογία

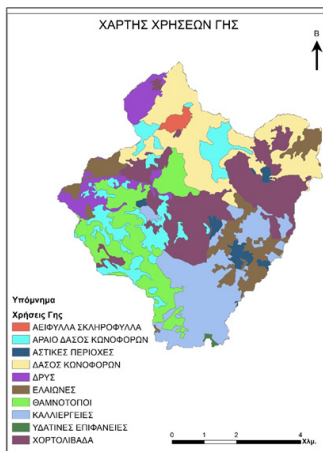
Στην περιοχή της Καλλονής οι κυριότεροι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι οι τεταρτογενείς αποθέσεις ολόκαινου, που εντοπίζονται στο Νότιο τμήμα της λεκάνης και οι σχηματισμοί του σχιστόλιθου, φυλλίτη και καολινίτη στο Βόρειο τμήμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Ο σχιστόλιθος και ο φυλλίτης που εντοπίζονται στο ανάντη ορεινό τμήμα της λεκάνης, είναι σχηματισμοί που παρουσιάζουν υψηλή κατολισθητική επικινδυνότητα. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από πολύ μικρή υδροπερατότητα, με αποτέλεσμα να δημιουργούν υψηλή επιφανειακή απορροή και συνεπώς πολύ υψηλό κίνδυνο εμφάνισης πλημμυρικών φαινομένων. Οι αποθέσεις τεταρτογενούς ολόκαινου της περιοχής συνίστανται κυρίως από αλλούβια, κροκάλες,

αμμούχες άργιλοι και κώνους κορημάτων. Οι ολοκαινικές αποθέσεις απαντώνται στις κοίτες των ρεμάτων, στις κλιτύες των βουνών και των λόφων και καλύπτουν τις πεδινές εκτάσεις των λεκανών και της παραλιακής ζώνης. Όμοια και αυτοί χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρή υδροπερατότητα και παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο εμφάνισης πλημμύρας. Όσον αφορά στους ορυκτούς πόρους, στην περιοχή Πετσοφά Καλλονής έχουν αναγνωριστεί κοιτάσματα περλίτη, ενώ συναντώνται σε ορισμένες θέσεις εγκαταλελειμμένα μικρά λατομεία κυρίως υλικών οδοποιίας.



Εικόνα 5: Γεωλογικός χάρτης περιοχής

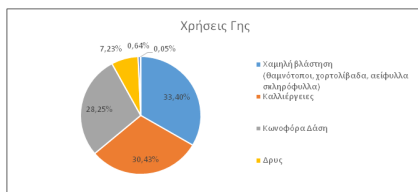
ποσοστό 33,40% και καλλιέργειες σε ποσοστό 30,43%. Επίσης η έκταση καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό 28,25% από κωνοφόρα δάση. Σε μικρότερο ποσοστό 7,23% εντοπίζονται και δέντρα Δρυς, κυρίως στο βόρειο τμήμα της περιοχής. Τέλος, σε αρκετά μικρά ποσοστά εντοπίζονται οι αστικές περιοχές (0,64%) και οι υδάτινες επιφάνειες (0,05%). Τα συγκεντρωτικά ποσοστά των χρήσεων γης φαίνονται στο Διάγραμμα 1 παρακάτω.



Εικόνα 6: Χάρτης χρήσεων γης περιοχής

Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης της Καλλονής (Εικόνα6) αποτελούνται κυρίως από χαμηλή βλάστηση (θάμνοι, λιβάδια, αείφυλλα σκληρόφυλλα) σε



Διάγραμμα 1: Ποσοστά χρήσεων γης στην λεκάνη απορροής της Καλλονής

Τρόπος παρακολούθησης / μετρήσεως του φαινομένου της Πλημμύρας

Στο πλαίσιο Έγκαιρης Προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο στην πόλη της Καλλονής έχει εγκατασταθεί τηλεμετρικό σταθμήμετρο αποτελούμενο από μονάδα τηλεμετρίας, λογισμικό λήψης και επεξεργασίας των μετρήσεων, ραντάρ μέτρησης στάθμης νερού και αισθητήρα βροχοπτώσης (Εικόνα 7). Η έναρξη της λειτουργίας του αυτόματου σταθμηγράφου στην Καλλονή πραγματοποιήθηκε το Νοέμβριο του 2018, στα πλαίσια του έργου ERMIS-F Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών Κινδύνων - Πλημμύρες (<https://ermis-f.eu/>) από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και υπό την επίβλεψη της επίκ. Καθηγήτριας κα Ο. Τζωράκη (Διαχείριση Λεκάνης Απορροής και Παρακτίου Περιβάλλοντος, Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών). Ο σταθμός δίνει σε πραγματικό χρόνο την άνοδο της στάθμης του ποταμού και μπορεί να εξυπηρετήσει σκοπούς έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας για την πόλη της Καλλονής. Το όργανο συνοδεύεται με βροχομετρικό σταθμό στην ίδια θέση και με έναν αυτόματο ασύρματο μετεωρολογικό σταθμό (οίκου DAVIS Αμερικής)

ανάντι στη περιοχή της Στύψης (Εικόνα 8). Επίσης, έχει συνδεθεί με το υφιστάμενο όργανο μέτρησης στάθμης στον ποταμό Τσικινιά, της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου. Η καταγραφή του μετεωρολογικού σταθμού στην στύψη παρουσιάζεται σε πραγματικό χρόνο στον ιστότοπο **<http://penteli.meteo.gr/stations/stypsi/>**.



Εικόνα 7: Τηλεμετρικός σταθμός καταγραφής στάθμης, στην Καλλονή



Εικόνα 8: Ο μετεωρολογικός σταθμός, εγκατεστημένος στη Στύψη και στιγμιότυπο των μετρήσεών του

Τα πρώτα στοιχεία για την ενίσχυση της αντιπλημμυρικής πολιτικής προστασίας του Βορείου Αιγαίου αντλήθηκαν για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2018.

Μέσα στον οικισμό της Καλλονής η στάθμη του οργάνου έδειξε άνοδο μέχρι και μισό μέτρο της στάθμης του ποταμού μέσα σε λίγες ώρες (Διάγραμμα 2). Περαιτέρω έρευνα διενεργείται από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου στα πλαίσια του έργου ERMIS-F για την ολοκλήρωση του σταθμού έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας για την πόλη της Καλλονής, την ενσωμάτωσή της στην πλατφόρμα ERMIS-Flood και τη δημιουργία δέσμης διαχειριστικών μέτρων και προτάσεων για τη λύση του προβλήματος αυτού.



Διάγραμμα 2: Στάθμη του ποταμού Αχερώνα στην Καλλονή

Τρόποι /στοιχεία για την έγκαιρη προειδοποίηση

Για την υλοποίηση του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης απαραίτητη είναι η δυνατότητα πρόβλεψης τυχόν πλημμυρικών γεγονότων μετά από έντονη βροχόπτωση. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω μοντελοποίησης, καθώς προσομοι-

ώνεται μαθηματικά η συσχέτιση μεταξύ βροχόπτωσης και όγκου απορροής, καθώς και οι υδραυλικές συνιστώσες της κίνησης του νερού στο πεδίο μελέτης. Για το σκοπό αυτό συνδυάζονται τα αποτελέσματα υδρολογικών και υδραυλικών μοντέλων (HEC-RAS και HEC-HMS), με σκοπό την προσομοίωση του πλημμυρικού κινδύνου στην πιλοτική περιοχή του οικισμού της Καλλονής. Αρχικά, γίνεται χρήση των επεκτάσεων HEC-GeoHMS και HEC-GeoRAS του λογισμικού γεωγραφικών πληροφοριών ARC-GIS, για την ανάλυση των γεωμορφολογικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής, την οριοθέτηση των υπολεκανών και του υδρογραφικού δικτύου και τελικά την δημιουργία αρχείων εισόδου για τα λογισμικά προσομοίωσης (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Οριοθέτηση υπολεκανών και υδρογραφικού δικτύου στο HEC-GeoHMS

Στη συνέχεια, λαμβάνει χώρα η μελέτη και προσομοίωση της επιφανειακής απορροής με το υδρολογικό μοντέλο HEC-HMS και υπολογίζονται τα υδρογραφήματα σχεδιασμού και οι παροχές αιχμής. Τέλος πραγματοποιείται η υδραυλική προσομοίωση της ροής του υδατορρέυματος με το υδραυλικό μοντέλο HEC-RAS για διαφορετικά σενάρια αιχμής πλημμύρας. Η κατάρτιση των μοντέλων απαιτεί πρωτογενή στοιχεία, μετεωρολογικά και χωρικά, της περιοχής εφαρμογής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δεδομένα από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό DAVIS PRO και από τον αυτόματο σταθμηγράφο στη Καλλονή, ενώ επιπλέον πραγματοποιούνται μετρήσεις πεδίου για τον υπολογισμό της επιφανειακής ροής με μολύσκο στην πιλοτική περιοχή, έτσι ώστε να καταρτιστούν οι καμπύλες στάθμης – παροχής (Εικόνα 10). Οι καμπύλες αυτές χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση των υδρολογικών και υδραυλικών μοντέλων. Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται τοπογραφική αποτύπωση της κοίτης των υδατορρέυματων με όργανο RTK-DGPS (Real-Time Kinematic and Differential GPS), με σκοπό να καταγραφούν πυκνές διατομές κατά μήκος αυτής (Εικόνα

11). Η διατομές που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό είναι υψηλής ακρίβειας και χρησιμοποιούνται για την διαδικασία υδραυλικής προσομοίωσης με τη χρήση του υδραυλικού μοντέλου HEC-RAS.



Εικόνα 10: Μέτρηση ροών με μολύσκο στη θέση του σταθμού στην Καλλονή



Εικόνα 11: Τοπογραφικές μετρήσεις κοίτης και διατομών ρέματος στη Καλλονή

Έπειτα σειρά έχει η βαθμονόμηση (calibration) των υδρολογικών μοντέλων, ώστε να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα σε ικανοποιητικό βαθμό με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών δεικτών. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα δεδομένα στάθμης πραγματικού χρόνου από τον αυτόματο σταθμηγράφο στην Καλλονή και μετατρέπονται σε

παροχή μέσω της καμπύλης Στάθμης - Παροχής που υπολογίζεται από τις συχνές μετρήσεις πεδίου. Το τελευταίο στάδιο αφορά τη σύνθεση και ανάλυση της υπάρχουσας πληροφορίας πραγματικής ή προσομοιωμένης, την κατανόηση των μηχανισμών και διεργασιών, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τελικά την πρόβλεψη της πλημμυρικής συμπεριφοράς των ρεμάτων, κάτω από διαφορετικά σενάρια. Δημιουργούνται εξισώσεις που θα συσχετίζουν την μετεωρολογική και την υδρομετρική πληροφορία και υπολογίζονται τα προκαθορισμένα κατώφλια συσχέτισης, με στόχο την εύρυθμη λειτουργία του σταθμού έγκαιρης προειδοποίησης. Η απόκριση των εξισώσεων αυτών επαληθεύεται από καταγραφές του σταθμού κατά τη διάρκεια πλημμυρών. Με αυτές τις μεθόδους γίνεται δυνατή η παρακολούθηση των πλημμυρικών χαρακτηριστικών πριν, μετά αλλά και κατά την διάρκεια της πλημμύρας ενώ ο σταθμός καταγραφής της στάθμης σε πραγματικό χρόνο λειτουργεί ως Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης.

Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης στην Λεμεσό

Το Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού- Αμαθούντας στο πλαίσιο του ERMIS-F έχει προχωρήσει στην εγκατάσταση συστήματος επισκόπησης των βροχοπτώσεων, το οποίο περιλαμβάνει την εγκατάσταση δέκα (10) βροχομετρικών σταθμών σε αντίστοιχο αριθμό κτιρίων/ τοποθεσιών στη Λεμεσό.

Τεχνικές προδιαγραφές και λειτουργία βροχομετρικών σταθμών

Οι βροχομετρητές λειτουργούν με τη μέθοδο του ανατρεπόμενου κάδου με αντικραδασμική μαγνητική επαφή (Tipping bucket rain gauge with bounce – free reed contact). Στην Εικόνα 1 φαίνεται ένας εγκατεστημένος σταθμός. Οι εγκατεστημένοι σταθμοί καταγράφουν το ύψος της βροχόπτωσης (mm) ανά λεπτό (min). Έτσι, μπορεί εύκολα να υπολογιστεί η ένταση της βροχόπτωσης καθ' όλη τη διάρκειά του φαινομένου και στη συνέχεια να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα.



Εικόνα 1: Βροχομετρικός σταθμός που εγκαταστάθηκε στο Αντλιοστάσιο D – M

Η συνήθης πρακτική για την κατηγοριοποίηση των βροχοπτώσεων γίνεται για μετεωρολογικούς σκοπούς, σύμφωνα με τις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με το παρατηρούμενο ύψος βροχής:

- Ασθενής: < 2 mm/hr
- Μέτρια: 2-6 mm/hr
- Ισχυρή: > 6 mm/hr
- Βίαιη/Καταρρακτώδης: > 50 mm/hr

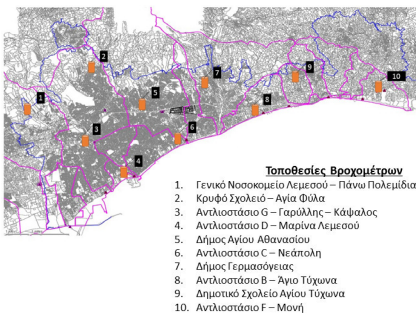
Η διεθνής μονάδα μέτρησης της βροχής είναι το ύψος βροχόπτωσης που μετριέται σε χιλιοστά (mm). Ειδικότερα, το ύψος βροχόπτωσης ορίζεται ως το ύψος στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής αν έπεφτε πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου, χωρίς να απορρέει, να απορροφάται ή να εξατμίζεται. Ένα σημαντικό

στοιχείο είναι ότι οι σταθμοί είναι αυτόνομοι και λειτουργούν με ηλιακή ενέργεια καθώς διαθέτουν φωτοβολταϊκό σύστημα φόρτισης με μπαταρίες, επιτυγχάνοντας έτσι μηδενικό αποτύπωμα διοξειδίου του άνθρακα (zero CO2 Footprint) κατά την λειτουργία του συστήματος. Το σύστημα τροφοδοσίας έχει ενεργειακή αυτονομία πάνω από 23 ημέρες, ενώ σε περιόδους χωρίς καθόλου ηλιοφάνεια υπάρχει αυτονομία για 7 ημέρες. Για τη λειτουργία των βροχόμετρων δεν απαιτείται συνεχής πρόσβαση στο σημείο εγκατάστασης. Περίπου δύο φορές τον χρόνο γίνονται προγραμματισμένες επισκέψεις για έλεγχο και συντήρηση. Τα δεδομένα καταγράφονται από τους σταθμούς με συχνότητα ενός λεπτού (1min) και αποστέλλονται αυτόματα με τηλεμετρική μετάδοση δεδομένων μέσω GPRS κάθε 5 λεπτά. Η παρατήρηση των δεδομένων και των γραφημάτων γίνεται σε πραγματικό χρόνο μέσω διαδικτυακού λογισμικού. Το διαδικτυακό λογισμικό είναι συμβατό με όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές που διαθέτουν σύνδεση στο διαδίκτυο και υποστηρίζουν πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο (browser). Επιπρόσθετα, υπάρχει η δυνατότητα άμεσης ενημέρωσης των τεχνικών και

των αρμόδιων αρχών (Πολιτική Πυροσβεστική κ.α.) μέσω sms ή/και email.

Μεθοδολογία εγκατάστασης βροχομετρικών σταθμών

Η επιλογή των σημείων εγκατάστασης των βροχομετρικών σταθμών έγινε με γνώμονα την όσο το δυνατό πιο ομαλή κατανομή τους σε όλη την επικράτεια της μείζονος Λεμεσού (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Σημεία εγκατάστασης βροχομετρικών σταθμών

Για την επιλογή των περιοχών εγκατάστασης του εξοπλισμού λήφθηκαν υπόψη αρκετοί παράγοντες, όπως:

- Η γεωμορφολογία του εδάφους της μείζονος Λεμεσού. Τα σημεία εγκατάστασης επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στο κέντρο κάθε λεκάνης απορροής.
- Η εξασφάλιση χώρου εγκατάστασης και η ασφάλεια του εξοπλισμού. Για το λόγο αυτό έχουν επιλεγεί κτήρια

δημόσια/κυβερνητικά ή ιδιοκτησίας του Συμβουλίου.

- Κατάλληλη χωροθέτηση των σταθμών ούτως ώστε να μην παρεμποδίζονται οι μετρήσεις και να μην μειώνεται/επηρεάζεται η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία που καταλήγει στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Πλεονεκτήματα εγκατάστασης των βροχομετρικών σταθμών

Τα πλεονεκτήματα που θα προσφέρει το σύστημα επισκόπησης των βροχοπτώσεων στους πολίτες της Λεμεσού είναι πολλαπλά και πολυδιάστατα, μερικά από τα οποία παρατίθενται συνοπτικά πιο κάτω:

- Συσχετισμός της βροχοπτώσης με την επιφανειακή απορροή στην πόλη.
- Κατηγοριοποίηση βροχοπτώσεων.
- Έγκαιρη κινητοποίηση Ομάδας Επιφυλακής του ΣΑΛΑ και λοιπών εμπλεκόμενων φορέων (Πολιτική Άμυνα, Πυροσβεστική κ.α.) για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της πλημμύρας.
- Οι πληροφορίες θα είναι διαθέσιμες σε όλους τους πολίτες.
- Τα δεδομένα θα αξιολογούνται και θα λαμβάνονται υπόψη σε σχετικές μελέτες στα πλαίσια κατασκευαστικών έργων.

**Ενημερωτικό Δελτίο Πράξεως “Διαδικτυακή Υπηρεσία Περιβαλλοντικών
Κινδύνων - Πλημμύρες” ERMIS-F
Interreg V-A 2014-2020, Πρόγραμμα Συνεργασίας Ελλάδας-Κύπρου**

Υπεύθυνος Έκδοσης: Κρυσταλλία Δρυστεύλα - Ινστιτούτο Κύπρου (ΙΚυ)

Υπεύθυνος Περιεχομένου: Θανάσης Χατζηλάκος (ΙΚυ)

Συντάκτες: Γ. Ζίττης, Α.Bruggeman, Κ. Δρυστεύλα (ΙΚυ), Γ.Καρατζάς, Γ.Τριχάκης,
Χ.Γκούμας (Πολυτεχνείο Κρήτης), Ρ.Τζωράκη, Ε.Κουτσοβίλη (Πανεπιστήμιο
Αιγαίου), Χ.Παπαδοπούλου, Γ.Πριάρη, Γ.Παναγιώτου, Θ.Ευαγγέλου, Γ.Λέκκος (ΣΑΛΑ)

Υπεύθυνος Παραγωγή: Μαρία Δασκαλάκη - Δήμος Χανίων



**THE CYPRUS
INSTITUTE**



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**



**αποκεντρωμένη
διοίκηση αιγαίου**

Interreg



Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



ERMIS - F



info@ermis-f.eu

www.ermis-f.eu

Προϋπολογισμός Έργου 1.159.248 €

Προϋπολογισμός ΕΤΠΑ 985.361 €

Διάρκεια Έργου 15/7/2017 - 30/10/2020

Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Τ.Π.Α.) και από Εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου