



**Βέλτιστες
πρακτικές για τον
προσδιορισμό των
προσωρινών
ποταμών**



Co-funded by
the European Union

Συνεργαζόμενοι συγγραφείς

Giammarco Manfreda, Isabelle Brichetto, Carmela Cavallo, Christina Dolianidi, Simone Forte, Almudena González Costas, Alessandro Guglielmetto, Αναστάσιος Καρακώστας, Maria Lilli, Giovanni Negro, Νικόλαος Νικολαΐδης, Guillermo Palau Salvador, Maria Nicolina Papa, Beatrice Pinna, Katerina Valta, Paolo Vezza

DOI: 10.5281/zenodo.8134015



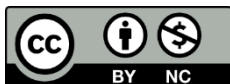
Αναγνώριση

Η παρούσα δημοσίευση έχει λάβει χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο πλαίσιο της συμφωνίας επιχορήγησης με αριθμό 2022-1-IT02-KA220-HED-000086223, του έργου *RIVERTEMP* της εταιρικής σχέσης συνεργασίας Erasmus+: *Εκπαίδευση στην κατηγοριοποίηση και τον εντοπισμό προσωρινών ποταμών για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής*.

Αποποίηση ευθύνης

Η υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την παραγωγή της παρούσας δημοσίευσης δεν συνιστά έγκριση του περιεχομένου, το οποίο αντανακλά τις απόψεις μόνο των συγγραφέων, και η Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.

Σημείωση περί πνευματικών δικαιωμάτων



Αυτό το έργο διατίθεται με την άδεια Creative Commons **Attribution-Non-commercial 4.0 International License**. Μπορείτε ελεύθερα να αντιγράψετε, να μοιραστείτε, να προσαρμόσετε και να χρησιμοποιήσετε το υλικό για μη εμπορικούς σκοπούς, εφόσον πληροίτε τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Αναφορά: Πρέπει να δώσετε την κατάλληλη αναφορά, να παρέχετε σύνδεσμο προς την άδεια χρήσης και να αναφέρετε αν έγιναν αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υποδηλώνει ότι το Δικαίωμα να Μείνετε υποστηρίζει εσάς ή τη χρήση σας.
- Μη εμπορική χρήση: Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	4
1.1 Ορισμοί των μη πολυετών ποταμών	4
1.2 Ταξινόμηση των υδρολογικών καθεστώτων και συνθηκών	8
1.3 Ορισμοί για τη φυσική και την τεχνητή διακοπή	9
1.4 Παγκόσμια επικράτηση των προσωρινών ποταμών	10
1.5 Η έλλειψη κοινωνικής αντίληψης και νομικής αναγνώρισης	10
1.6 Πώς να εκτιμήσετε τη διαλείπουσα ροή	12
2. Βέλτιστες πρακτικές για τον προσδιορισμό των προσωρινών ποταμών	15
2.1 Το έργο MIRAGE	16
2.2 Το έργο DRYNER	26
2.3 Τηλεπισκόπηση	33
Αναφορές	42

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμοί των μη πολυετών ποταμών

Οι μη πολυετείς ποταμοί (ΜΠΠ) ορίζονται ως υδατορέματα που μπορούν να στερέψουν για κάποιο χρονικό διάστημα μέσα στο έτος (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο - Οδηγία 2000/60/ΕΚ για το πλαίσιο των υδάτων, 2000). Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι οι ΝΡΡ είναι όλοι οι ποταμοί στους οποίους κάποια δεδομένα αποδεικνύουν την απουσία νερού κατά μήκος της κοίτης του ποταμού.

(Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Παράδειγμα των πιθανών μεταβολών που παρατηρούνται στο ίδιο τμήμα ενός προσωρινού ποταμού εντός του ίδιου έτους: Α) λιμνοδεξαμενή (16-12-2022). Β) ξηρό (16-04-2023). Φωτογραφίες από I. Bricchetto, ποταμός Palancia, Κοινότητα Βαλένθια (Ισπανία).

Ο ορισμός περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών διαλείψεων: από τον ποταμό με επεισοδιακή παρουσία νερού έως τους οιονεί πολυετείς ποταμούς (Magand et al., 2020). Αυτοί οι ποταμοί βρίσκονταν συνήθως σε περιοχές με ημίξηρο ή ξηρό κλίμα, όπου η περίοδος ξηρασίας είναι μεγαλύτερη κάθε χρόνο από ό,τι σε άλλες περιοχές (Shanafield et al., 2021). Ωστόσο, το φαινόμενο αυτό παρατηρείται οπουδήποτε στον κόσμο και έχει αποδειχθεί ότι τα ΝΠΔ είναι πανταχού παρόντα (Allen et al., 2020- Messenger et al., 2021).

Εκτός από την πανταχού παρουσία τους, οι ΕΑΠ είχαν και εξακολουθούν να έχουν δυσκολίες να αναγνωριστούν και να ταξινομηθούν στην εθνική νομοθεσία ως ομάδα ποταμών με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ανάγκες (Fritz et al., 2017). Στην Ευρώπη, η Οδηγία-Πλαίσιο για τα ύδατα (ΟΠΥ) εγκρίθηκε το 2000 για τη θέσπιση ενός νέου πλαισίου για την προστασία και τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Σκοπός της είναι η ταξινόμηση της οικολογικής ποιότητας των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων και η επίτευξη "καλής οικολογικής κατάστασης" για όλα τα εσωτερικά και παράκτια ύδατα εντός της ΕΕ, ορίζοντας για όλα τα επιφανειακά υδάτινα σώματα μια κατάσταση αναφοράς που αντιπροσωπεύει την αδιατάρακτη κατάσταση (Magand et al., 2020). Μόνο ορισμένες χώρες στην περιοχή της Μεσογείου ενσωματώνουν την ΟΠΥ με εθνικές εφαρμογές που εισάγουν την έννοια και ορισμένες ταξινομήσεις για τα ποτάμια στα οποία μπορεί να εμφανιστούν γεγονότα ξήρανσης. Το 2008, η Ισπανία και η Ιταλία, αντίστοιχα με τις ORDEN ARM/2656/2008" (Εικόνα 2) και "Decreto Ministeriale 16 giugno 2008, n. 131" (D.M. 131/2008, Εικόνα 3), καθόρισαν μια πιθανή ταξινόμηση των διαφορετικών διαχρονιών.

Perennial	Water courses have natural flow regime conditions flow during the whole year.
Temporary or seasonal	Water courses where natural flow regime conditions present a marked seasonality, showing reduced flow or dry riverbed in summer, and flow is present during an average period of 300 days in a year.
Intermittent or strongly seasonal	Water courses where natural flow regime conditions present a high temporality, and flow is present during an average period between 100 and 300 days in a year.
Ephemeral	Water courses that in natural flow regime conditions only flow sporadically, mainly in storm episodes, during an average period less than 100 days in a year.

Σχήμα 2. Ταξινόμηση των διαφόρων τύπων προσωρινότητας ποταμών στην ΟΠΥ (ORDEN ARM/2656/2008) (για την εφαρμογή της ΟΠΥ 2000/60/ΕΚ). Τα δεδομένα των ημερών μη ροής για ένα αδιατάρακτο καθεστώς λαμβάνονται με τη βοήθεια ενός μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής.

Stream type	Description
Temporary	Watercourse that can dry out completely and/or at some stretches
• Intermittent	Water is present more than 8 months a year. It may dry out in some river stretches and/or several times a year
• Ephemeral	Water is present <8 months a year. Disconnected pools may remain
• Episodic	Water only present after heavy rains, once every 5 years

Σχήμα 3. Ο πίνακας στο σχήμα δείχνει την ταξινόμηση των προσωρινών ποταμών που ορίζεται στο ιταλικό Π.Δ. 131/2008 (για την εφαρμογή της ΟΠΥ 2000/60/ΕΚ).

Για να διατηρηθεί η συνοχή με τους κανονιστικούς ορισμούς και να διευκολυνθεί η συγκρισιμότητα των μεθόδων αξιολόγησης και των κλάσεων οικολογικής κατάστασης μεταξύ των κρατών μελών, διεξήχθη άσκηση διαβαθμονόμησης σε δύο φάσεις για να εξασφαλιστεί η ευθυγράμμιση των ορίων των κλάσεων. Η άσκηση διαβαθμονόμησης εκτελέστηκε από πέντε γεωγραφικές ομάδες διαβαθμονόμησης (Geographical Intercalibration Groups - GIGs), μία για κάθε μία από τις πέντε περιφέρειες που μοιράζονται παρόμοιους τύπους υδάτινων σωμάτων στην Ευρώπη (Fritz et al., 2017). Η μεσογειακή GIG, που αποτελείται από τη Βουλγαρία, την Κύπρο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, την Πορτογαλία, τη Σλοβενία και την Ισπανία, εισήγαγε μια ταξινόμηση, που ονομάζεται RM5 για μη πολυετείς ποταμούς, γνωστούς ως *Προσωρινά ρέματα*, όπου συμπεριλήφθηκαν όλα τα είδη των πιθανών NPR (Fritz et al., 2017; Magand et al. 2020). Τα τρία αυτά παραδείγματα αναδεικνύουν την έλλειψη συνοχής στη διαμόρφωση σαφών και συνοπτικών ορολογικών πλαισίων, παρά το γεγονός ότι ο όρος "προσωρινός" χρησιμοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του D.M. 131/2008 και του Μεσογειακού GIG, ο όρος "προσωρινός" χρησιμοποιείται ως μια ευρεία κατηγορία που περιλαμβάνει όλους τους ποταμούς που δεν ταξινομούνται ως πολυετείς. Με την πάροδο των ετών, χωρίς επίσημη και καθολική ταξινόμηση, η επιστημονική βιβλιογραφία έχει διαφοροποιήσει τα επίθετα για να αναφερθεί σε ένα ευρύ φάσμα διαλείψεων των ποταμών. Πιθανοί όροι που υποδηλώνουν τις ΜΑΠ μπορεί να είναι "ξηροί", "ασυνεχείς", "ξηροί", "εφήμεροι", "επεισοδιακοί", "διαλείποντες", "διακοπτόμενοι", "ακανόνιστοι", "μη πολυετείς", "μη μόνιμοι", "εποχικοί" και "προσωρινοί" (Busch et al. 2020).

Λόγω της έλλειψης ομοιογένειας στην ορολογία, ήταν απαραίτητο να καθοριστούν καθολικοί και κοινά αποδεκτοί ορισμοί για τους ποταμούς αυτούς και τους διάφορους τύπους διαλείψεων. Οι Busch κ.ά. (2020) πρότειναν μια ανασκόπηση των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων επιθέτων για τα διάφορα είδη μη πολυετών ποταμών για τον καθορισμό καθολικών και γενικών ορισμών:

- *Μη πολυετές*: κάθε σύστημα λωτικού, γλυκού νερού που περιοδικά παύει να ρέει και/ή είναι ξηρό σε κάποια χρονική και/ή χωρική στιγμή.
- *Διαλείπον*: μη πολυετής ποταμός ή ρέμα με σημαντική σύνδεση με τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, με μεταβλητούς κύκλους διαβροχής και παύσης της ροής και με ροή που διατηρείται περισσότερο από ένα μεμονωμένο γεγονός καταιγίδας. Αυτές οι

υδάτινες οδοί είναι υδρολογικά κερδισμένες τον περισσότερο χρόνο, όταν εξετάζονται μακροχρόνια πρότυπα ροής.

- *Εφήμερος*: ένας τύπος μη πολυετούς ποταμού ή ρέματος χωρίς σημαντική σύνδεση με τα υπόγεια ύδατα που ρέει για μικρό χρονικό διάστημα, συνήθως μόνο μετά από βροχοπτώσεις. Αυτές οι υδάτινες οδοί είναι υδρολογικά χαμένες τον περισσότερο χρόνο, όταν εξετάζονται τα μακροπρόθεσμα πρότυπα ροής.

Η προσπάθεια αυτή αποσκοπεί στην αποσαφήνιση της βιβλιογραφίας με την επισήμανση των διαφορετικών τύπων ποταμών που μπορεί να συναντήσει κανείς. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται συνήθως εναλλακτικοί όροι αντί του *μη πολυετούς*- αυτό αντικατοπτρίζεται, για παράδειγμα, στους ορισμούς που χρησιμοποιούνται σε ορισμένα σημαντικά ευρωπαϊκά έργα για το θέμα αυτό.

Αφενός, το MIRAGE (Mediterranean Intermittent River manAGement) ήταν ένα έργο χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ από το 2009 έως το 2011 για την ανάπτυξη και κωδικοποίηση μεθόδων και εργαλείων για την αξιολόγηση της οικολογικής ποιότητας που απαιτεί η ΟΠΥ και για τους *προσωρινούς ποταμούς* (βλ. ενότητα 2.1). Στο *παραδοτέο 8.1* αναφέρθηκε η *διχοτόμηση προσωρινός/μόνιμος* ως η ορολογία που χρησιμοποιείται για τη διάκριση μεταξύ ποταμών που μπορεί να παρουσιάζουν ή όχι περιοδική ξήρανση.

Από την άλλη πλευρά, το DRYVER (Securing biodiversity, functional integrity and ecosystem services in DRYing riVER networks) είναι ένα εν εξελίξει ευρωπαϊκό έργο, που ξεκίνησε το 2020, στο οποίο μια ομάδα διεπιστημονικών εμπειρογνομώνων από 11 χώρες της Ευρώπης, της Νότιας Αμερικής, της Κίνας και των ΗΠΑ διερευνά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα, τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες των *προσωρινών ποταμών* (βλ. ενότητα 2.2). Παρ' όλα αυτά, η ορολογία που χρησιμοποιείται στο *Παραδοτέο 1.1*, στον ιστότοπο και στις εφαρμογές αναφέρεται σε *δίκτυα ξηραντικών ποταμών (DRN)*.

Στο παρόν Παραδοτέο 3.1, που ανήκει στο έργο RIVERTEMP, ο όρος *προσωρινά ποτάμια (TRs)* χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε *μη πολυετείς ποταμούς (NPRs)*. Η επιλογή αυτή οφείλεται στην ευρεία χρήση του όρου στην εθνική νομοθεσία σε όλη την Ευρώπη και στην περιοχή της Μεσογείου.

1.2 Ταξινόμηση των υδρολογικών καθεστώτων και συνθηκών

Για να κατανοήσουμε και να αξιολογήσουμε την πιθανή μετατόπιση ενός TR από ένα υδρολογικό καθεστώς σε ένα άλλο, είναι θεμελιώδες να ορίσουμε και να ταξινομήσουμε τα πιθανά υδρολογικά καθεστάτα που περιγράφουν το ευρύ φάσμα της προσωρινότητας που μπορεί να παρουσιάζουν τα TR. Κατά τη διάρκεια του έτους, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες προοπτικές και μέθοδοι για τη διάκριση και ταξινόμηση των λειτουργικά διαφορετικών καθεστώτων.

Μια από τις πρώτες προσεγγίσεις βασίστηκε στην καταμέτρηση του αριθμού των ημερών μη ροής ανά έτος με τη βοήθεια ενός μοντέλου βροχόπτωσης-απορροής, με παράδειγμα την ισπανική ταξινόμηση που προβλέπεται στην εφαρμογή της ΟΠΥ (Σχήμα 2). Πρόκειται για ένα απλό και εύκολο μοντέλο, αλλά λιγότερο ικανό να περιγράψει την υδρολογική μεταβλητότητα που μπορεί να παρουσιάζει η προσωρινή διαδρομή ενός ποταμού και, ως εκ τούτου, λιγότερο χρήσιμο για τον προσδιορισμό της οικολογικής κατάστασης (Magand et al., 2020).

Από βιολογικής άποψης, προσδιορίστηκαν διάφορες υδρολογικές και οικολογικές έννοιες για την ταξινόμηση των πιθανών υδρολογικών καθεστώτων και συνθηκών στις TR (Boulton, 2003; Fritz et al. 2006). Οι Gallart κ.ά. (2017) πρότειναν μια απλοποιημένη ταξινόμηση (Εικόνα 4) με βάση τρεις διαφορετικές *υδάτινες φάσεις (ροή, λίμνες και ξηρά)*, οι οποίες ήταν οι ίδιες επιχειρησιακές μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο γαλλικό έργο Onde (<https://onde.eaufrance.fr/>) και ονομάστηκαν *επίπεδα χαμηλής ροής* (Magand κ.ά., 2020). Η κατάσταση *ροής* (ή *ροής*) χαρακτηρίζεται από την παρουσία συνεχούς επιφανειακής ροής στο κανάλι του ποταμού. Η κατάσταση *λιμνών* (ή *λιμνοδεξαμενών*) ανασυγκροτεί την πιθανή κατάσταση στην οποία υπάρχει επιφανειακό νερό στο κανάλι του ποταμού αλλά μόνο σε αποσυνδεδεμένες λιμνούλες ή λίμνες. Ένας *ξηρός* ποταμός συνεπάγεται την απουσία επιφανειακού νερού, ακόμη και αν είναι δυνατή η ύπαρξη υδρόβιου ζωής.



Σχήμα 4. Επισκόπηση των τριών διαφορετικών υδρολογικών καταστάσεων που μπορούν να εμφανιστούν σε TR: α) ρέουσα β) λιμναία και γ) ξηρή. Φωτογραφίες από C. Cavallo, ποταμός Sciarapotamo, Salerno (IT).

Ακόμα και αν η μετρική *ροή-λίμνες-ξηρά* ή *ροή-λίμνες-ξηρά* αναδείχθηκε ως η πιο συνεπής για την περιγραφή της πιθανής κατάστασης στις TR, η ορολογία για την αναφορά σε αυτές τις συνθήκες εξακολουθεί να μην είναι ομοιογενής. Το επίθετο *υδρολογικές* (ή *υδρολογικές*) *συνθήκες* φαίνεται να είναι ο πιο διαδεδομένος ορισμός που αναφέρεται γενικά στην ταξινόμηση flow-pools-dry. Χρησιμοποιείται τόσο στη βιβλιογραφία (Magand et al., 2020) όσο και σε ευρωπαϊκές επίσημες εκθέσεις και έργα σχετικά με τις TR. Για παράδειγμα, το DRYNER χρησιμοποιεί αυτή την ορολογία στην εφαρμογή crowdsourcing (Tutorial for the DRYRIVERS web application) (βλ. ενότητα 2.2). Ως εκ τούτου, στο πλαίσιο του παρόντος παραδοτέου του έργου RIVERTEMP, αναφερόμαστε στις *υδρολογικές συνθήκες* για να δηλώσουμε την κατάσταση ροής-λίμνης-ξηρότητας της κοίτης του ποταμού.

Με βάση αυτές τις υδρολογικές συνθήκες, η επιστημονική βιβλιογραφία έχει προτείνει διαφορετικές προσεγγίσεις για τον καθορισμό κατώτατων τιμών για τη μονιμότητα της ροής και της λίμνης ή λαμβάνοντας υπόψη την εποχικότητα αυτών των εμφανίσεων για την ταξινόμηση των πιθανών υδρολογικών καθεστώτων για τις TR (Gallart et al., 2017; De Girolamo et al., 2015). Ωστόσο, λόγω της εγγενούς υποκειμενικότητας στον προσδιορισμό αυτών των οριακών τιμών, μια καθολικά εφαρμόσιμη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μεγαλύτερο μέρος του υδρολογικού δικτύου παραμένει ασύλληπτη.

1.3 Ορισμοί για φυσική και τεχνητή διακοπή

Για τη διαφύλαξη των TRs, είναι σημαντικό να έχουμε συνείδηση των αιτιών που καθορίζουν τη διακοπή, όχι μόνο του τύπου της διακοπής. Παρά το γεγονός ότι η προσοχή στους TRs αναδύεται σε πολλαπλά ερευνητικά πεδία, η κύρια εστίαση της έρευνας εξακολουθεί να παραμένει κυρίως στους πολυετείς ποταμούς. Στους TR, η εναλλαγή μεταξύ συνθηκών ροής και μη ροής είναι χαρακτηριστικό του φυσικού υδρολογικού καθεστώτος, γνωστό και ως φυσική διαλείπουσα ροή (natural flow intermittence - NFI). Ωστόσο, μια ανθρωπογενής μεταβολή του υδρολογικού καθεστώτος μπορεί επίσης να προκαλέσει μια ανθρωπογενή διαλείπουσα ροή (AFI) (Datry et al., 2023).

Δεν είναι πάντοτε εύκολο να εκτιμηθεί η διαφορά μεταξύ φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που καθορίζουν τη διαλείπουσα ροή ενός ποταμού, ιδίως όταν το αποτέλεσμα είναι η μείωση της παροχής ροής (Skoulikidis et al., 2017). Αντίθετα, όταν οι TP γίνονται πολυετείς λόγω αφύσικης αύξησης της παροχής ροής, είναι ευκολότερο να διαπιστωθεί μια σχέση αιτίου-αποτελέσματος που αποδίδεται σε ανθρωπογενείς παράγοντες, όπως φράγματα, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) ή αστικές, αστικές και βιομηχανικές απορρίψεις (Hassan & Egozi, 2001). Στην περίπτωση αυτή, η αυξημένη ροή βάσης (αντιξηρασία) μπορεί να προκαλέσει αξιοσημείωτες οικολογικές επιπτώσεις, όπως η αλλαγή στη σύνθεση των τοπικών βιοτικών κοινοτήτων (Poff & Zimmerman, 2010).

1.4 Παγκόσμια επικράτηση των προσωρινών ποταμών

Oi Messenger et al. (2021) ποσοτικοποίησαν ότι κατά μήκος του παγκόσμιου δικτύου ποταμών με

MAF (μέση ετήσια ροή) $> 0,01 \text{ m}^3 / \text{s}$, η διάρκεια κατά την οποία το νερό παύει να ρέει τουλάχιστον μία ημέρα ανά έτος κυμαίνεται μεταξύ 51% (συντηρητική προσέγγιση) και 60%. Επιπλέον, το φαινόμενο της μετάβασης από ένα μόνιμο σε ένα προσωρινό καθεστώς ροής θα ενισχυθεί σε μελλοντικά σενάρια λόγω ανθρωπογενών πιέσεων, όπως η κλιματική αλλαγή, οι αλλαγές στις χρήσεις γης και οι αυξανόμενες απολήψεις νερού (Döll & Schmied, 2012; Pumo et al., 2016). Τα τελευταία 50 χρόνια, πολλοί από τους μεγαλύτερους και πιο διάσημους ποταμούς, όπως ο Νείλος, ο Κίτρινος, ο Ινδός και ο Κολοράντο, οι οποίοι συνήθιζαν να ρέουν συνεχώς, έχουν αρχίσει να έχουν τμήματα όπου το νερό παύει να ρέει (Datry et al., 2014). Όλα αυτά τα στοιχεία καταδεικνύουν πώς στις μέρες μας οι TP αποτελούν μάλλον τον κανόνα παρά την εξαίρεση.

1.5 Η έλλειψη κοινωνικής αντίληψης και νομικής αναγνώρισης

Παρά την εκρηκτική ανάπτυξη της βιβλιογραφίας για το θέμα τα τελευταία χρόνια, υπάρχει έλλειψη συνείδησης από τον πληθυσμό σχετικά με τη σημασία των ΤΔ για το ποτάμιο δίκτυο (Cottet et al., 2023- Llanos-Paez & Acuña, 2022), το ρόλο τους στη ρύθμιση των υπόγειων

υδάτων, τη συμβολή τους στην τοπική και περιφερειακή βιοποικιλότητα και τη βιογεωχημική ακεραιότητα (Magand et al., 2020). Αυτό προσδιορίζει μια υποδεέστερη προσοχή που δίνεται στην προστασία αυτών των συστημάτων σε σύγκριση με τους πολυετείς ποταμούς στις εθνικές νομοθεσίες και πολιτικές, υποδεικνύοντας μια γενική υστέρηση στην αναγνώριση (Magand et al., 2020; Messenger et al., 2021).

Οι Llanos-Paez & Acuña (2022) έδειξαν πώς η κοινωνική αντίληψη για τη σημασία ενός ποταμού συνδέεται στενά με τη μονιμότητα της ροής, τονίζοντας ότι εξακολουθούν να υπάρχουν κοινωνικοπολιτισμικές δυσκολίες στο να θεωρηθεί μια ξηρή κοίτη ποταμού ως πλήρες ποτάμι. Επιπλέον, οι αλιείς είναι σημαντικοί ενδιαφερόμενοι φορείς που ασχολούνται με την πολιτική της αποκατάστασης και της διατήρησης των ποταμών περισσότερο στις πολυετείς διαδρομές, όπου τα είδη βιοτόπων είναι γενικά πιο παρόντα (Cottet et al., 2023). Επιπλέον, ειδικά στις άγονες και ημίξηρες περιοχές, υπάρχει ευρεία παρουσία εφήμερων ρεμάτων που είναι συνήθως ξηρά αλλά μπορεί να έχουν περιοδικά τραγικές πλημμύρες. Έτσι, στην περιοχή αυτή, οι άνθρωποι τείνουν να επανασυνδέουν αμέσως τις TR με τους κινδύνους των πλημμυρών και όχι με έναν υδάτινο πόρο που πρέπει να προστατευθεί. Πράγματι, στην περιοχή EU-Med, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ως χώροι στάθμευσης ή απόρριψης απορριμμάτων (Εικόνα 5) (Skoulikidis et al., 2017).



Σχήμα 5. Παράδειγμα χώρων διάθεσης αποβλήτων σε προσωρινή κοίτη ποταμού. Φωτογραφία του I. Bricchetto, ποταμός Carraxet, Κοινότητα της Βαλένθια (2023).

Όλες αυτές οι πολιτισμικές προκαταλήψεις για τις TR καθορίζουν τη νομοθεσία που εξακολουθεί να υστερεί στην επικαιροποίηση της διαχείρισης και της προστασίας των TR (Acuña et al., 2014- Messenger et al., 2021). Οι ποταμοί αυτοί μπορεί να υπόκεινται στους ίδιους κανονισμούς με τους πολυετείς ποταμούς (π.χ. η οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα στην ΕΕ, ο νόμος περί υδάτων στις ΗΠΑ) ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, να εξαιρούνται από τη νομοθεσία (Cottet et al., 2023). Για παράδειγμα, ακόμη και αν οι ισπανικές και ιταλικές εφαρμογές της οδηγίας για τα ύδατα ορίζουν τα TR (βλ. Εικόνα 2 και 3), ένα σημαντικό τμήμα του δικτύου διαλείποντων ποταμών αποκλείεται από τα προγράμματα οικολογικών αξιολογήσεων, καθώς ο ορισμός περιλαμβάνει μόνο τα ρέματα με έκταση λεκάνης απορροής > 10 km² (Ιταλία), έκταση λεκάνης απορροής > 10 km² και μέση ετήσια ροή μεγαλύτερη από 0,1 m³/s (Ισπανία) (Fritz et al., 2017). Επιπλέον, στις Ηνωμένες Πολιτείες (Marshall et al., 2018) και στη Γαλλία (π.χ., το διάταγμα Giraud 2019), υπάρχει σταδιακή αφαίρεση των TR από τους χάρτες και τους εθνικούς ορισμούς των ρεμάτων, με αποτέλεσμα την απώλεια του επίσημου καθεστώτος τους ως υδατορέματα (Cottet et al., 2023). Οι συνέπειες της παραμέλησης των TRs από το κανονιστικό καθορίζουν τον αποκλεισμό τους από τη συστηματική ανάλυση σχετικά με την οικολογική κατάσταση και την κατά περίπτωση διαχείριση, όπου συνήθως ορίζονται περιορισμοί στις ανθρώπινες δραστηριότητες, εάν αυτές θα μπορούσαν πιθανώς να επηρεάσουν τα κατάντη υδάτινα σώματα (Acuña et al., 2014).

1.6 Πώς να εκτιμήσετε τη διαλείπουσα ροή

Η μεγάλη χωρική και χρονική μεταβλητότητα των υδρολογικών συνθηκών αποτελεί βασικό εμπόδιο στη μελέτη της διαλείπουσας ροής της TR. Για να έχουμε σαφή πρότυπα διαλείψεων ποταμών είναι θεμελιώδες να γνωρίζουμε τις υδρολογικές συνθήκες που μπορούν να βιώσουν οι ποταμοί μαζί με τη συχνότητα, τη διάρκεια και την εποχικότητα αυτών των αλλαγών στην κατάσταση ροής. Επιπλέον, είναι δυνατόν να κατανοηθεί η εξέλιξη της διαλείψεως με την πάροδο του χρόνου και η μεταβολή του φυσικού καθεστώτος ροής μόνο με τη σύγκριση των δεδομένων πραγματικού χρόνου με ένα μακροχρόνιο σύνολο δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως RC (Reference Condition) του ποταμού (Magand et al., 2020).

Με την πάροδο των ετών, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι και προσεγγίσεις για τον χαρακτηρισμό του υδρολογικού καθεστώτος και της διαλείπουσας ροής των TR:

- **Έρευνες πεδίου.** Οι έρευνες πεδίου αποτελούν μια από τις καλύτερες λύσεις για την απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις μετρικές του καθεστώτος ροής και μπορούν να εκτιμήσουν με μεγάλη ακρίβεια ποια υδρολογική κατάσταση επικρατεί εγκαίρως (Magand et al., 2020). Τα κύρια εμπόδια είναι οι περιορισμένες δυνατότητες επανάληψης των εκστρατειών. Η επιστήμη του πολίτη και το crowdsourcing θα μπορούσαν να αποτελέσουν βιώσιμες λύσεις όταν οι προσωρινές εκτάσεις είναι εύκολα προσβάσιμες.
- **Σταθμοί μέτρησης.** Οι μετρητικοί σταθμοί αποτελούν μια από τις καλύτερες λύσεις για τη λήψη μακροπρόθεσμων δεδομένων και την αξιολόγηση της πιθανής εξέλιξης της παροχής ροής με την πάροδο των ετών. Τα κύρια μειονεκτήματα είναι η σπάνια παρουσία μετρητικών σταθμών σε διαλείποντα τμήματα και το πρόβλημά τους όσον αφορά τη μέτρηση μικρών παροχών ή την παρουσία/απουσία νερού κατά τη φάση της λίμνης (Oueslati et al., 2015).
- **Αισθητήρες καταγραφής.** Μια άλλη μέθοδος για τη λήψη δεδομένων σε πραγματικό και μεσοπρόθεσμο χρόνο είναι οι καταγραφείς πεδίου που μπορούν να μετρήσουν τη θερμοκρασία του νερού, την ηλεκτρική αγωγιμότητα ή και τα δύο (Charin et al., 2014). Αυτά τα όργανα μπορούν να ανιχνεύσουν την κίνηση των μετώπων ύγρρανσης και ξήρανσης (Bhamjee & Lindsay, 2011), αλλά μπορεί να έχουν δυσκολίες στη διάκριση μεταξύ ρέοντος και στάσιμου νερού. Επιπλέον, το μειονέκτημα είναι η πιθανότητα τα όργανα να παρασυρθούν ή να θαφτούν κατά τη διάρκεια πλημμυρών ή η ακεραιότητά τους να τεθεί σε κίνδυνο από βανδαλισμούς (Magand et al., 2020).
- **Υδρολογική μοντελοποίηση.** Τα τρέχοντα υδρολογικά μοντέλα εξακολουθούν να είναι μεροληπτικά στην πρόβλεψη της μεταβλητότητας της παροχής ροής στις TR. Υπερεκτιμούν τα γεγονότα μηδενικής ροής και εξακολουθούν να μην προβλέπουν τη χωρική μεταβλητότητα των υδρολογικών συνθηκών (Datry et al., 2012- Gallart et al., 2017). Επιπλέον, αρκετά όρια υπάρχουν και στη μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων χωρίς πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση υγρασίας της κοίτης του ποταμού κατά τις ημέρες μηδενικής ροής (Ye et al., 1997). Η βελτίωση των υδρολογικών μοντέλων είναι μια σημαντική πτυχή που πρέπει ακόμη να αποκτήσει για να καταστεί δυνατή η εφαρμογή τους σε TΔ (Magand et al., 2020).

- **Τηλεπισκόπηση.** Η τηλεπισκόπηση έχει καθορίσει σημαντικές ευκαιρίες για την παρακολούθηση των συνθηκών των ΤΔ. Οι εναέριες έρευνες επιτρέπουν την εκτέλεση γρήγορων και εκτεταμένων ερευνών σε διακεκομμένες διαδρομές, ακόμη και αν η κοίτη του ποταμού είναι περίπλοκη για να προσεγγιστεί προσωπικά (Gao et al., 2021). Οι δορυφορικές εικόνες μπορούν να επιστρέφουν περιοδικά, ενίοτε με χρόνο επανάληψης μικρότερο από μία εβδομάδα, πολυφασματική εικόνα ολόκληρου του ποτάμιου δικτύου, μέσω της οποίας είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση της εξέλιξης των υδάτινων φάσεων (Cavallo et al., 2021a, 2022a). Το κύριο μειονέκτημα της δορυφορικής εικόνας είναι η χωρική ανάλυση, η οποία εμποδίζει την εφαρμογή της για στενά ποτάμια και ρέματα (Costigan et al., 2017). Στην ενότητα 2.3 παρουσιάζεται λεπτομερέστερη περιγραφή αυτής της τεχνικής.

2. Βέλτιστες πρακτικές για τον προσδιορισμό των προσωρινών ποταμών

Σε παγκόσμια κλίμακα, οι TR εξακολουθούν να υποφέρουν από το γεγονός ότι παραβλέπονται από τους υδρολόγους και τους διαχειριστές των υδάτων (Llanos-Paez & Acuña, 2022) και, κατά συνέπεια, δεν έχουν αναπτυχθεί επαρκείς επιστημονικά τεκμηριωμένες μέθοδοι για τη διαχείριση αυτών των μοναδικών υδάτινων και χερσαίων οικοσυστημάτων. Το έργο RIVERTEMP αποσκοπεί στην εφαρμογή εργαλείων και πόρων για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της στους προσωρινούς ποταμούς και στην υποστήριξη και ανάπτυξη πράσινων και ψηφιακών ικανοτήτων στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για το συγκεκριμένο θέμα. Το έργο περιλαμβάνει στρατηγικές συμπράξεις μεταξύ ιδρυμάτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Politecnico di Torino (IT), Università degli Studi di Salerno (IT), Universitat Politècnica de Valencia (ES) και Polytechnio Kritis (GR)), μικρομεσαίων επιχειρήσεων (DRAXIS ENVIRONMENTAL S.A. (GR)) και παρόχων επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης (FEMXA FORMACIÓN S.L.U. (ES)). Οι συνέργειες με άλλες πρωτοβουλίες, όπως το έργο DRYNER, επιδιώκουν τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων για τις TR. Το έργο RIVERTEMP στοχεύει στην ανάπτυξη καινοτόμου εργαλείου πληροφορικής, αποθετηρίου με βάση το GIS, πλατφόρμας ηλεκτρονικής μάθησης και MOOC (Massive Open Online Course), καθώς και του σχετικού εκπαιδευτικού υλικού για τη χαρτογράφηση των TRs από το πλήθος. Αναδεικνύει το ρόλο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στην προώθηση της υπεύθυνης διαχείρισης των υδάτων και στοχεύει στην κάλυψη των κενών στην εκπαίδευση για τα ύδατα. Το έργο θα παράγει ανοικτούς εκπαιδευτικούς πόρους και θα συμμετάσχει σε δραστηριότητες διάδοσης και αξιοποίησης.

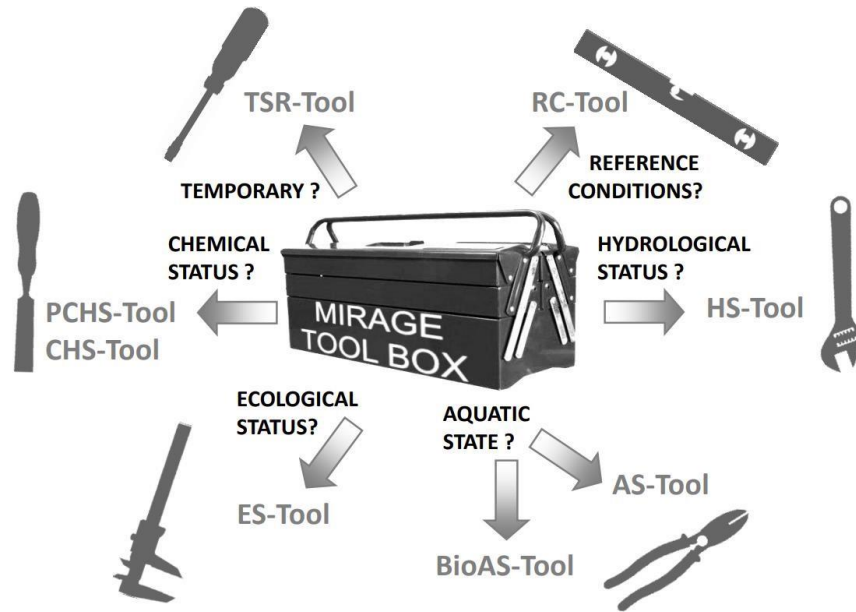
Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, συγκεντρώσαμε μια περίληψη μερικών βέλτιστων πρακτικών για τον εντοπισμό και την ταξινόμηση των TR, χρησιμοποιώντας τη διάρκεια και τη συχνότητα (ή τη μονιμότητα) των συνθηκών ροής, λίμνης και ξηρασίας. Η ανασκόπηση που ακολουθεί εξετάζει τα έργα της ΕΕ MIRAGE και DRYNER και τη χρήση της επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων για τον εντοπισμό και την ταξινόμηση των TRs. Επιπλέον, αναφερθήκαμε στα αποθετήρια με βάση τα ΓΣΠ για τη διαχείριση και τη χρήση βάσεων δεδομένων ανοικτού κώδικα.

2.1 Το έργο MIRAGE

Στο πλαίσιο της δημοσίευσης του σχεδίου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη διασφάλιση των υδάτων της Ευρώπης, το προτεινόμενο από το MIRAGE πλαίσιο για τον χαρακτηρισμό της οικο-υδρολογικής δυναμικής και τη συστηματική περιγραφή των μετρούμενων επιπτώσεων για τους προσωρινούς ποταμούς θα μπορούσε να προσφέρει σημαντική προστιθέμενη αξία στην αναθεώρηση όλων των σχετικών πολιτικών για τα ύδατα από την ΕΕ. Το έργο συνέστησε προσθήκες στα άρθρα της ΟΠΥ, συμπεριλαμβανομένου του ρητού ορισμού των TR, της προσαρμογής των περιβαλλοντικών στόχων στις ιδιαιτερότητές τους και της καθιέρωσης μιας κατάλληλης μεθόδου για τον προσδιορισμό της αρχικής κατάστασης και των ειδικών δράσεων στα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού (Nikolaidis et al., 2013).

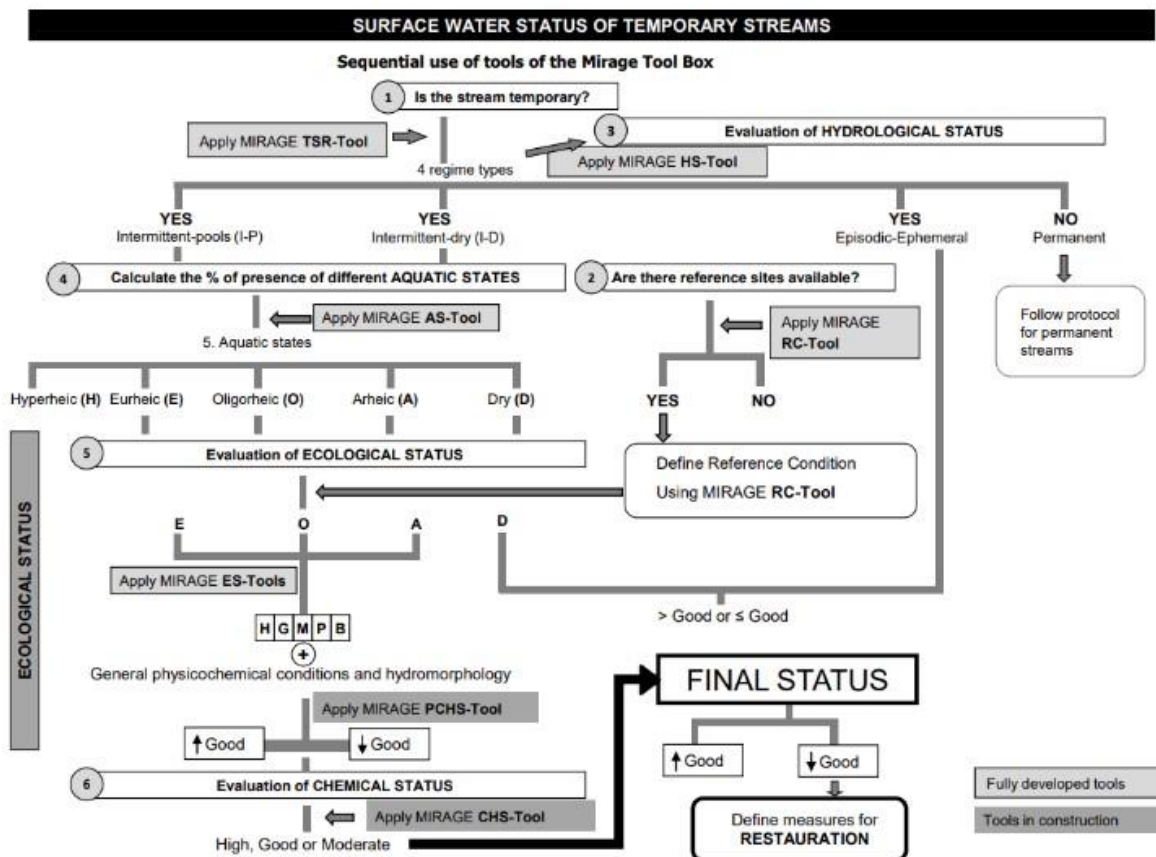
Το πρόγραμμα MIRAGE ανέπτυξε μια εργαλειοθήκη για να συγκεντρώσει όλες τις προσεγγίσεις που προσαρμόζουν τα πρότυπα ποιότητας αναφοράς που αναπτύχθηκαν για μόνιμα ρέματα, σε μη προσωρινά υδάτινα σώματα (Prat et al., 2014). Η εργαλειοθήκη αποτελείται από μια σειρά μεθοδολογιών που έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούνται με διαδοχικό τρόπο, ώστε να επιτρέπουν τον καθορισμό της οικολογικής και χημικής κατάστασης των προσωρινών ρεμάτων και τη συσχέτιση των ευρημάτων αυτών με την υδρολογική κατάσταση των ρεμάτων. Η εργαλειοθήκη MIRAGE προορίζεται να εξυπηρετήσει τους ακόλουθους σκοπούς: (i) τον προσδιορισμό του υδρολογικού καθεστώτος του ρέματος, ii) τον σχεδιασμό κατάλληλων χρονοδιαγραμμάτων για βιολογικές και χημικές δειγματοληψίες ανάλογα με την υδάτινη κατάσταση του ρέματος, iii) την εκπλήρωση των κριτηρίων για τον σχεδιασμό σταθμών αναφοράς, iv) την ανάλυση των υδρολογικών τροποποιήσεων του καθεστώτος του ρέματος (με τον καθορισμό της υδρολογικής κατάστασης) και v) την ανάπτυξη νέων μεθόδων για τη μέτρηση της οικολογικής κατάστασης (συμπεριλαμβανομένων των δομικών και λειτουργικών μεθόδων) και της χημικής κατάστασης όταν οι υδρολογικές συνθήκες του ρέματος απέχουν πολύ από εκείνες των μόνιμων ρεμάτων.

Η εργαλειοθήκη MIRAGE είναι μια διαδοχική διάταξη εργαλείων που καλύπτουν υδρολογικές [προσωρινό καθεστώς ρέματος (TSR)-εργαλείο, υδρολογική κατάσταση (HS)-εργαλείο και υδατική κατάσταση (AS)-εργαλείο], οικολογικές [κατάσταση αναφοράς (RC)-εργαλείο, βιολογική αξιολόγηση (BioAS)-εργαλείο και ES-εργαλείο] και χημικές [φυσικοχημική κατάσταση (PCHS-εργαλείο) και CHS-εργαλείο] πτυχές της αξιολόγησης των προσωρινών ρεμάτων, (Εικόνες 6).



Σχήμα 6. Σχηματική αναπαράσταση της εργαλειοθήκης MIRAGE και των εργαλείων που περιέχει (Prat et al., 2014).

Η ακόλουθη εικόνα (Εικόνα 7) συνοψίζει τη συνολική διαδικασία κατά την οποία κάθε εργαλείο -που προαναφέρθηκε- πρέπει να χρησιμοποιείται διαδοχικά. Μια πιο λεπτομερής περιγραφή της εργαλειοθήκης MIRAGE μπορεί να βρεθεί στο Prat et al. (2014).

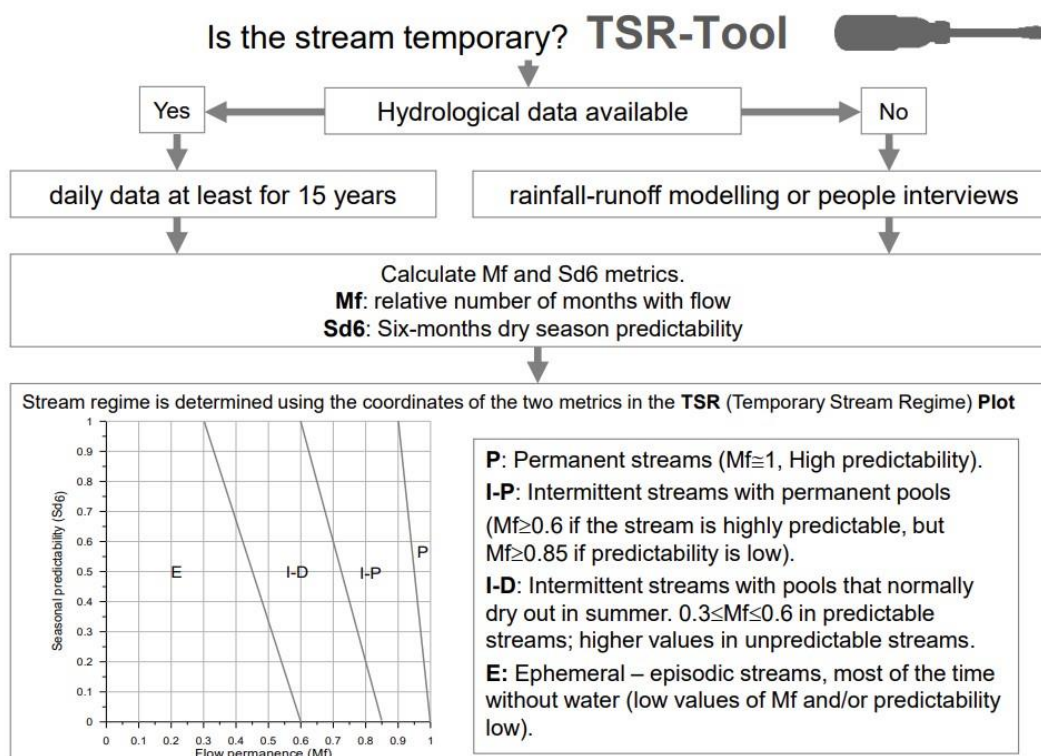


Σχήμα 7. Διάγραμμα ροής που δείχνει τη διαδοχική χρήση των εργαλείων της εργαλειοθήκης MIRAGE (Prat et al., 2014).

2.1.1 Προσωρινό καθεστώς ρέματος - Εργαλείο

Το εργαλείο Temporary stream regime - Tool (TSR-Tool) επιτρέπει να υποθέσουμε αν ένας ποταμός είναι προσωρινός και το προσωρινό καθεστώς του (Gallart et al., 2012) χρησιμοποιώντας δύο μετρικές: τον μακροπρόθεσμο ετήσιο σχετικό αριθμό μηνών με ροή (Mf) και την βμηνη προβλεψιμότητα της ξηρής περιόδου (Sd6) (Πίνακας 1). Πρέπει να χρησιμοποιούνται δεδομένα σχετικά με την παρουσία/απουσία ροής σε μηνιαία κλίμακα με περίοδο παρακολούθησης τουλάχιστον 10 ετών για τον υπολογισμό αυτών των δύο παραμέτρων- εάν δεν υπάρχουν δεδομένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μοντέλο βροχόπτωσης-απορροής ή συνεντεύξεις κατοίκων για την απόκτηση της προσωρινής σειράς.

Το Σχήμα 8 συνοψίζει σε διάγραμμα ροής τα βήματα του εργαλείου TSR.



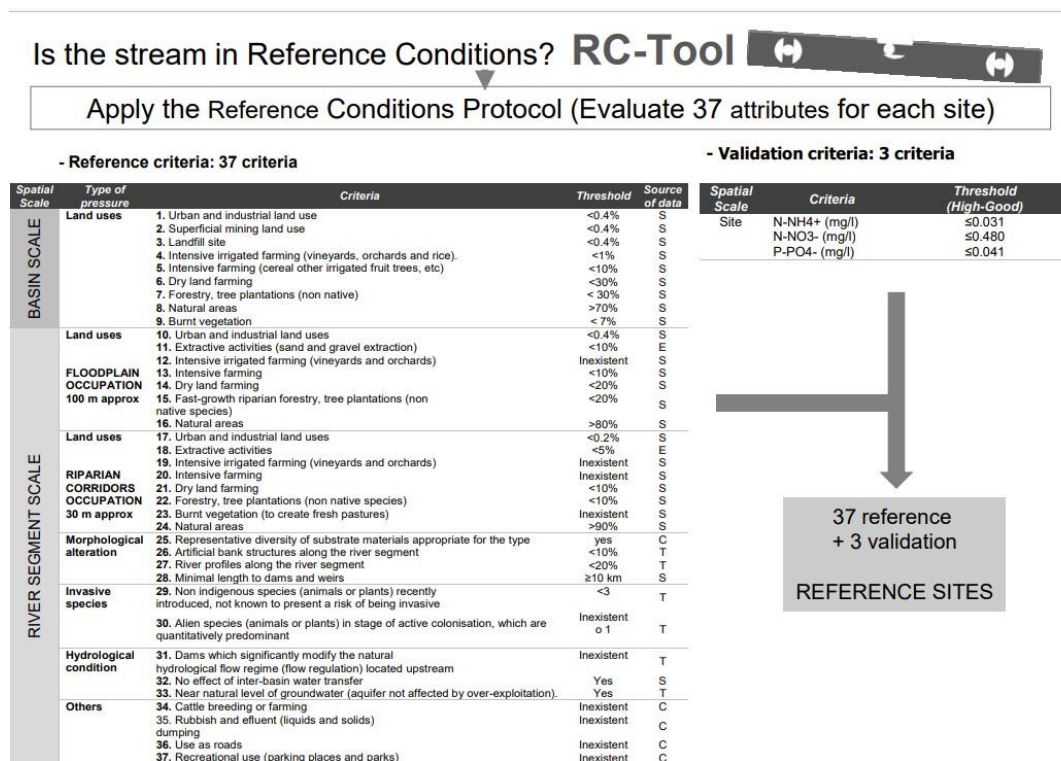
Σχήμα 8. Εργαλείο TSR. Διάγραμμα ροής που δείχνει τα βήματα που χρησιμοποιούνται για να καθοριστεί αν ο ποταμός είναι προσωρινός (Prat et al., 2014).

Αξιολογήθηκαν οι δύο μετρικές, χρησιμοποιήθηκαν για να σχεδιάσουν στο TSR Plot το σημείο που αντιστοιχεί στην περίπτωση του ποταμού. Ανάλογα με την περιοχή στην οποία θα

βρίσκεται το σημείο, είναι δυνατή η ταξινόμηση του υδρολογικού καθεστώτος. Στο Σχήμα 8, είναι δυνατόν να δούμε τέσσερα διαφορετικά υδρολογικά καθεστώτα: μόνιμο (P), διαλείπον με λίμνες κατά την περίοδο χωρίς ροή (I-P), διαλείπον με ξηρό κανάλι κατά την περίοδο χωρίς ροή (I-D) και επεισοδιακό-εφελώδες (E).

2.1.2 Συνθήκες αναφοράς - Εργαλείο

Λόγω της προσέγγισης που ορίζεται στην ΟΠΥ, η παραδοχή και η παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης ενός ποταμού είναι θεμελιώδους σημασίας για τη σύγκριση με τις συνθήκες αναφοράς (ΣΑ). Η RC ορίζεται ως μια φυσική κατάσταση χωρίς ανθρωπογενείς πιέσεις και χρησιμοποιείται ως πρότυπο για την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης (Stoddard et al., 2006). Για την επιλογή της κατάλληλης RC για τους προσωρινούς ποταμούς, χρησιμοποιείται ένας κατάλογος 37 χαρακτηριστικών (Εικόνα 9) που βασίζεται σε προηγούμενα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην Ισπανία από τους Bonada et al. (2004), Munné and Prat (2009) και Sánchez-Montoya et al. (2009).

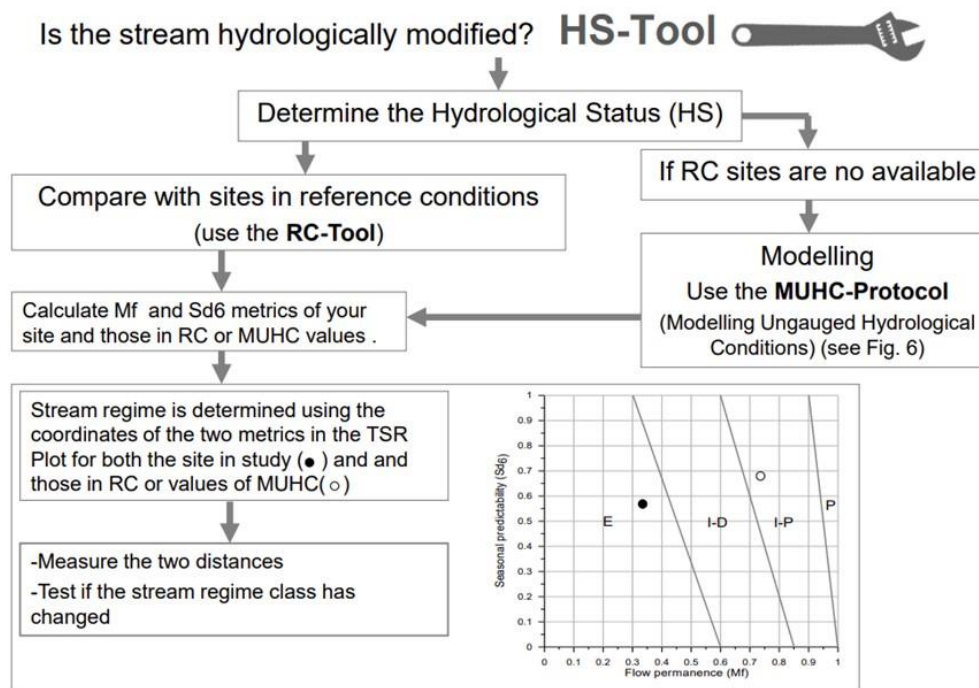


Εικόνα 9. RC-Tool. Διάγραμμα ροής που δείχνει τα βήματα για την απόκτηση ενός μοντέλου για κατάσταση συνθηκών αναφοράς (Prat et al., 2014).

Η επικύρωση αυτής της επιλογής είναι υποχρεωτική για την επιβεβαίωση του επιλεγμένου RC. Η μέθοδος πρέπει να είναι διαφορετική από την προηγούμενη και, ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται τα τρία κριτήρια, που σχετίζονται με τις συνθήκες θρέψης, τα οποία παρατίθενται στη δεύτερη στήλη του Σχήματος 9 (Sánchez-Montoya et al., 2012).

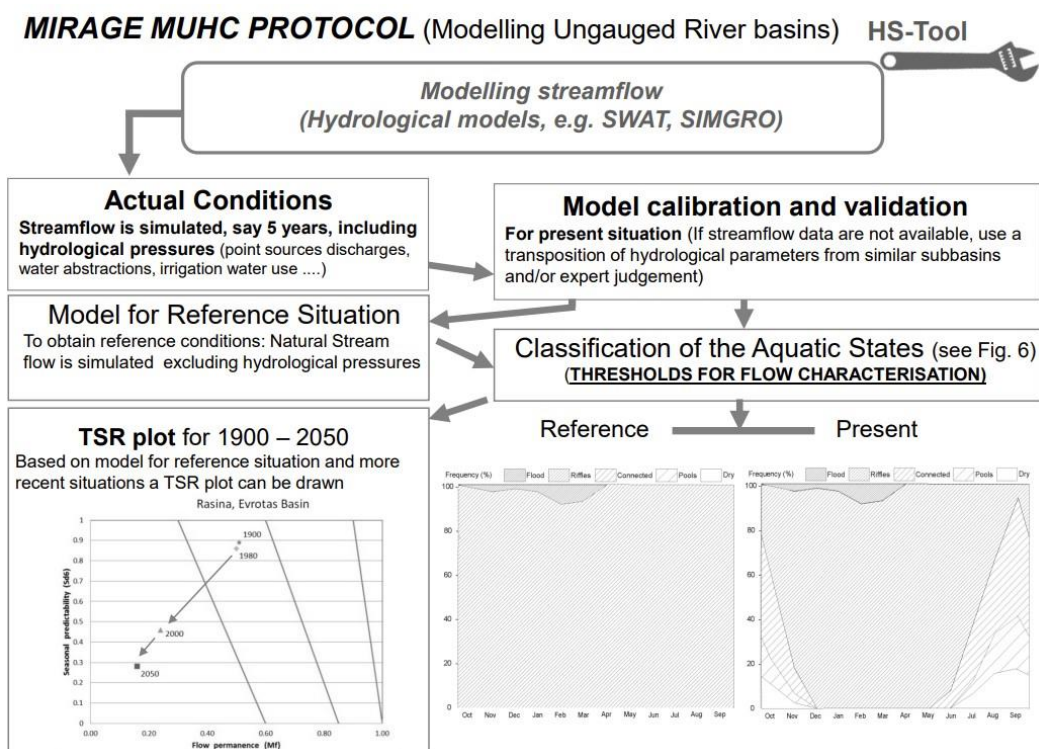
2.1.3 Υδρολογική κατάσταση- Εργαλείο

Οι ανθρωπογενείς πιέσεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διαχρονικότητα των ποταμών τροποποιώντας την υδρολογική τους κατάσταση (ή καθεστώς). Το εργαλείο υδρολογικής κατάστασης (HS - Tool) επιτρέπει τον προσδιορισμό της ΥΣ ενός ποταμού αξιολογώντας τη διάρκεια και το χρόνο εμφάνισης των διαφόρων υδατικών καταστάσεων (ΥΚ) ή των περιόδων χωρίς ροή. Καθορίστηκε η ΥΚ με το RC - Tool και αξιολογήθηκαν οι δύο μετρικές M_f και Sd_6 , τα δύο σημεία απεικονίστηκαν στο TSR-Plot. Η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των δύο σημείων, που αντιπροσωπεύουν την περιοχή RC και την περιοχή μελέτης, συγκρίνεται με την ετήσια μεταβλητότητα των μετρικών για την αξιολόγηση της πιθανής μετατόπισης από ένα υδρολογικό καθεστώς σε ένα άλλο. Το πρωτόκολλο αυτών των βημάτων παρουσιάζεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 10. HS-Tool. Διάγραμμα ροής που δείχνει τα βήματα που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της υδρολογικής κατάστασης με βάση τη διαθεσιμότητα ή τη μη διαθεσιμότητα του RC (Prat et al., 2014).

Εάν δεν υπάρχουν τοποθεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως RC, το έργο MIRAGE ανέπτυξε το πρωτόκολλο Modelling Ungauged Hydrological Conditions (MUHC) (Εικόνα 11) για την προσομοίωση τουλάχιστον 5 ετών της φυσικής και της τροποποιημένης ροής με τη χρήση υδρολογικών μοντέλων, ώστε να ληφθούν τα δύο σημεία στο TRS - Plot για να συγκριθούν με την ετήσια μεταβλητότητα των μετρήσεων (π.χ. Soil and Water Assessment Tool και SIMulation of GROundwater).



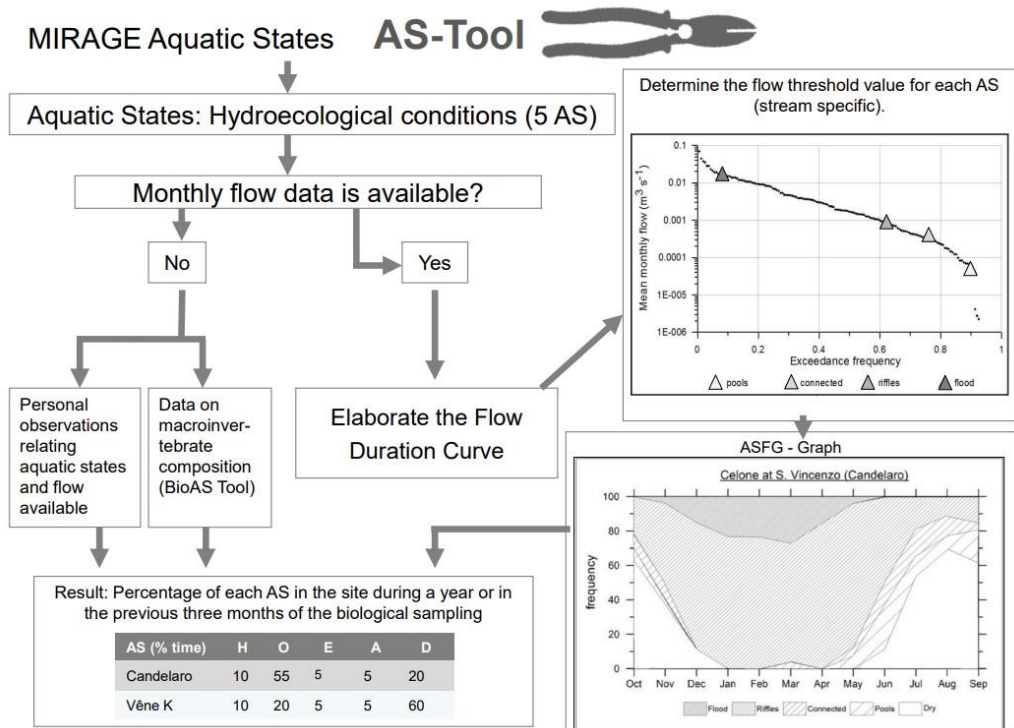
Εικόνα 11. Διάγραμμα ροής που δείχνει τα βήματα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση του πρωτοκόλλου MUHC για τη διαπίστωση της υδρολογικής κατάστασης εάν δεν υπάρχουν μετρητικοί σταθμοί στις υπό μελέτη λεκάνες (Prat et al., 2014).

2.1.4 Υδρόβιες καταστάσεις - εργαλείο

Σύμφωνα με τους Gallart et al. (2012), υπάρχουν έξι υδρόβιες καταστάσεις: Υπερχείλιση (H), Ευρχείλιση (E), Ολιγορχείλιση (O), Αρχείλιση (A), Υπερχείλιση και Εδάφιση. Το εργαλείο AS προσθέτει ποιοτικές πληροφορίες για την περιγραφή του καθεστώτος του ποταμού και είναι προαπαιτούμενο για το εργαλείο Ecologic status. Το AS - Tool (Εικόνα 12) επιτρέπει τον προσδιορισμό της καλύτερης ημερομηνίας για δειγματοληψίες υδρόβιων βιοτόπων, συνήθως κατά τη διάρκεια της Ευραιοσιακής ή Ολιγοραιοσιακής κατάστασης. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την εμφάνιση των AS, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν

αρχεία ροής (ή προσομοίωση). Για τον προσδιορισμό των οριακών τιμών ροής που αξιολογούν το πέρασμα από ένα ΑΣ σε ένα άλλο, είναι υποχρεωτικές οι σύγχρονες παρατηρήσεις πεδίου και οι μετρήσεις ροής

(Gallart et al., 2012).



Εικόνα 12. AS-Tool. Διάγραμμα ροής που δείχνει τα βήματα για τον προσδιορισμό των υδάτινων καταστάσεων των ρευμάτων (Prat et al., 2014).

Ένα νέο εργαλείο, το BioAS - Tool, αναπτύχθηκε για να επιτρέψει στους διαχειριστές να καθορίσουν τα ΑΣ από δείγματα μακροασπόνδυλων που συλλέχθηκαν στο παρελθόν. Το εργαλείο αυτό είναι σε θέση να εκτιμήσει τη συνδεσιμότητα της ροής χρησιμοποιώντας ορισμένα βιολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. το ποσοστό των διηθηματοφάγων, οργανισμών που τρέφονται με θραύσματα $b1\text{ mm}$, προσωρινά προσκολλημένων στο υπόστρωμα, ιπτάμενων, με μέσο μέγεθος σώματος μεταξύ 1 και 2 cm, που τρέφονται με νεκρά ζώα $\geq 1\text{ mm}$, με διάπαυση και ενήλικα (imago) υδρόβια στάδια) και τη μετατόπιση της αφθονίας από οικογένειες μακροασπονδύλων που κυριαρχούν σε συνθήκες ροής (i.π.χ. Hydropsychidae, Simuliidae και Heptageniidae) προς εκείνες που εξαπλώνονται σε ασύνδετες λίμνες (π.χ. Hydropsychidae, Simuliidae και Heptageniidae) (Cid et al., 2016).

2.1.5 Οικολογική κατάσταση - Εργαλείο

Το Εργαλείο Οικολογικής Κατάστασης (ES - Tool) πρέπει να αξιολογεί την οικολογική κατάσταση των προσωρινών ποταμών με βάση τις πέντε κατηγορίες ποιότητας που απαιτούνται από την ΟΠΥ (δηλ. Υψηλή, Καλή, Μέτρια, Κακή, Κακή). Για την εφαρμογή αυτού του εργαλείου, τα εργαλεία TSR και AS - Tools είναι υποχρεωτικά. Ο προσδιορισμός του ΕΣ βασίζεται στις μελέτες των κοινοτήτων των υδρόβιων μακροασπόνδυλων. Το έργο MIRAGE χρησιμοποίησε διάφορες βιολογικές μετρικές, όπως ο αριθμός των taxa της οικογένειας, ο αριθμός των taxa των Ephemeroptera, Plecoptera και Trichoptera (EPT) και δύο πολυμετρικούς δείκτες, τον STAR Intercalibration Common Metric Index (STAR_ICMi) και τον Index Multimetric Mediterrani quanTitatiu index (García-Roger et al., 2011). Για τις ξηρές συνθήκες, όταν είναι αδύνατη η διερεύνηση του υδρόβιου βιοτόπου, το έργο MIRAGE ανέπτυξε μια μεθοδολογία που χρησιμοποιεί χερσαία ασπόνδυλα για τον προσδιορισμό του ΕΣ (Steward et al., 2011). Μια πιο ολοκληρωμένη μέθοδος δίνεται από τον συνδυασμό βιολογικών μετρικών με λειτουργικές μετρικές, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα ΑΣ. Στο έργο MIRAGE, η πιο λειτουργική μετρική που χρησιμοποιήθηκε είναι η αποσύνθεση της φυλλοστρωμνής (Gessner & Chauvet, 2002- Datry et al., 2011).

Στην Εικόνα 13 υπάρχει ένα διάγραμμα ροής που συνεχίζει το ES - Tool. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την τεχνική δειγματοληψίας για τα υδρόβια μακροασπόνδυλα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου MIRAGE, συνιστάται να διαβάσετε García-Roger et al. (2011).


 1st . Determine the AQUATIC STATE

Eurheic (E)

Oligorheic (O)

Arheic (A)

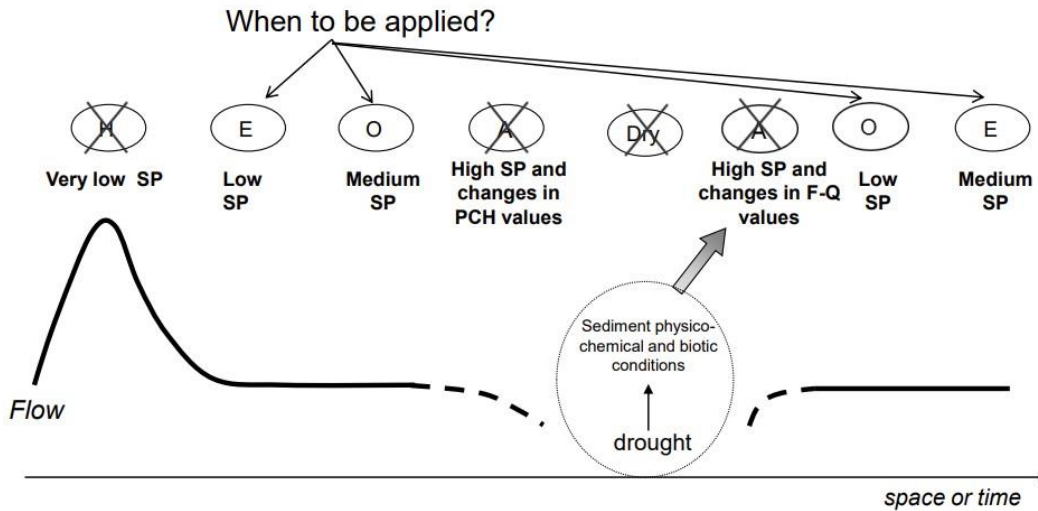
Dry (D)

Assemblage	Aquatic Macroinvertebrates		Terrestrial Macroinvertebrates
Structural Measures			
Sampling	- Use the methods available for permanent streams. (e.g. AQEM, Buffagni <i>et al.</i> , 2006). - VERY IMPORTANT: Date of sampling variable according to the hydrology	Methods for pools (not yet standardized). Assemblages change along the process of desiccation	PIT-Traps (e.g. Steward <i>et al.</i> , 2012)
Metrics	- Similar to Permanent Streams - Compare with specific reference conditions. - Metrics should be related to hydraulic pressures	EPT/OCH ratio and similar metrics not standardized (Bonada <i>et al.</i> , 2006)	Metrics still in development
Functional Measures	Leaf litter decomposition (e.g. Dieter <i>et al.</i> , 2011)		
Ecosystem measurements	Benthic metabolism (e.g. Von Schiller <i>et al.</i> , 2012)		

Εικόνα 13. ES-Tool Περιγραφή των διαφόρων δεικτών ή λειτουργικών δεικτών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της οικολογικής κατάστασης για διάφορα Ass (Prat *et al.*, 2014).

2.1.6 Φυσικοχημική κατάσταση-εργαλείο

Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών μεταβλητών (ΦΧΧ) που καθορίζονται στην ΟΠΥ 2000/60/ΕΕ: θερμοκές συνθήκες, οξυγόνο, αλατότητα, κατάσταση οξίνισης και συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών. Οι κατώτατες τιμές για τις καλές συνθήκες για τους προσωρινούς ποταμούς (Εικόνα 14) προτείνονται στους SánchezMontoya *et al.* (2012). Επίσης, για το PCHS - Tool, ο Ευραιοτικός και ο Ολιγοραιοτικός είναι οι καλύτερες συνθήκες για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Για ξηρές συνθήκες, το PCHS - Tool δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.



General parameters	Reference Value	High-Good	General parameters	Reference Value	High-Good
Oxygen saturation (%)	97.0	91.0-103.2	Phosphate (mg/l)	0.027	0.041
Dissolved Oxygen (mg/l)	9.9	8.1-10.8	Nitrate (mg/l)	0.232	0.480
Conductivity (µS/cm)	337	443	Nitrite (mg/l)	0.019	0.041
pH	8.0	8.3	Ammonium (mg/l)	0.023	0.031

Εικόνα 14. PCHS-Tool. Χρονική κλίμακα εφαρμογής του εργαλείου PCHS-Tool σε σχέση με τη μετάβαση του AS στον φυσικό υδρολογικό κύκλο των προσωρινών ρεμάτων (Prat et al., 2014).

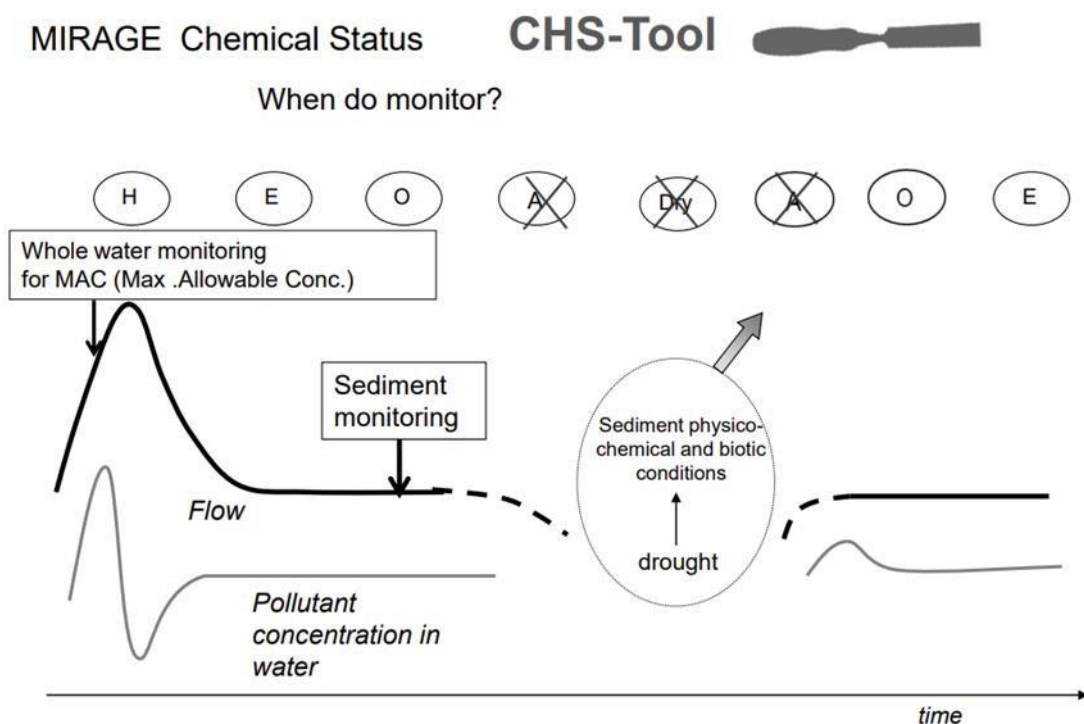
2.1.7 Χημική κατάσταση-εργαλείο

Το έργο Mirage αναπτύσσει μια ειδική κατευθυντήρια γραμμή για την παρακολούθηση επικίνδυνων ουσιών σε προσωρινά ποτάμια, λόγω του περιορισμού της προσαρμογής εκείνων που περιλαμβάνονται στην ΟΠΥ 2000/60/ΕΚ, οι οποίες μπορεί να μην είναι πάντα κατάλληλες για προσωρινά ποτάμια (Εικόνα 15).

Εάν πρόκειται για ποταμό Ι-Π, κατά τη διάρκεια των Ευραιοτικών και Ολιγοραιοτικών καταστάσεων, είναι δυνατή η χρήση της προσέγγισης για τα υδάτινα σώματα (EC, 2010). Επιπλέον, η μέθοδος πρέπει να περιλαμβάνει τη δειγματοληψία της στερεάς φάσης.

Κατά τη διάρκεια των ξηρών φάσεων των ποταμών Ι-Ρ ή των ποταμών Ι-Δ και Ε, είναι θεμελιώδους σημασίας η μελέτη των ιζημάτων όπου μπορεί να βρεθούν επικίνδυνες ουσίες. Λόγω της μεγάλης χωρικής μεταβλητότητας που χαρακτηρίζει τους προσωρινούς ποταμούς, είναι υποχρεωτική η δειγματοληψία κάθε μεσοβιότοπου, ακόμη και αν υπάρχουν περισσότεροι του ενός στην ίδια διατομή. Η δειγματοληψία των ιζημάτων πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μία

φορά το χρόνο, ιδίως δε συνιστάται πριν από τις ξηρές περιόδους, όταν η κοίτη του ποταμού βρίσκεται σε ολιγόρρευση κατάσταση και με χαμηλές ταχύτητες ροής.



Εικόνα 15. CHS- Εργαλείο για την παρακολούθηση των επικίνδυνων ουσιών σε προσωρινό ποτάμι που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του έργου MIRAGE (Prat et al., 2014).

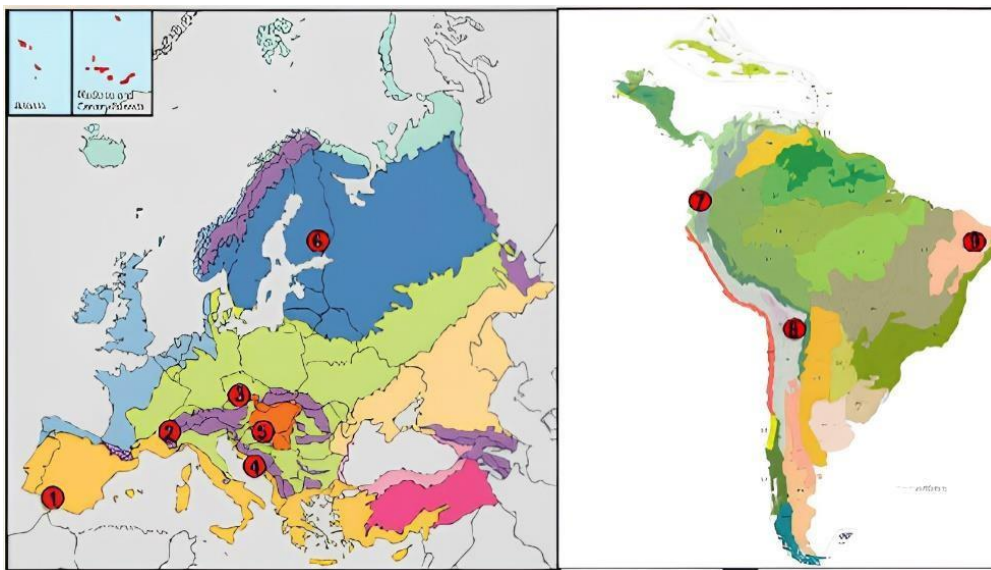
2.2 Το έργο DRYnER

Η Συμφωνία των Παρισίων (2015) πέτυχε έναν από τους πιο κρίσιμους στόχους της αναγνωρίζοντας τη σημασία της προστασίας της βιοποικιλότητας και της διατήρησης της λειτουργικής ακεραιότητας των οικοσυστημάτων ενόψει της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της. Ως αποτέλεσμα, η διατήρηση των ποτάμιων δικτύων έχει καταστεί περισσότερο από ποτέ προτεραιότητα, δεδομένης της οικολογικής τους αξίας για την παροχή βασικών οικοσυστημικών υπηρεσιών (Thorp et al., 2010). Η προκύπτουσα προσοχή των ερευνητών και των θεσμικών οργάνων στα TP είναι ζωτικής σημασίας λόγω της έλλειψης γνώσης σχετικά με τις επιπτώσεις που θα έχει η κλιματική αλλαγή σε αυτού του είδους τους ποταμούς και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες και λειτουργίες τους (Datry et al., 2021).

Έτσι, το πρόγραμμα "Ορίζοντας 2020" έφερε σε επαφή μια διεπιστημονική ομάδα εμπειρογνομώνων από 11 χώρες της Ευρώπης, της Νότιας Αμερικής, της Κίνας και των ΗΠΑ για να διερευνήσει και να μετριάσει αυτές τις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Η συλλογική τους

προσπάθεια οδήγησε στην έναρξη του έργου DRYVER (Securing biodiversity, functional integrity, and ecosystem services in DRYing riVER networks, or temporary rivers).

Οι Datry κ.ά. (2021) εξηγούν πώς ο πρωταρχικός στόχος αυτού του έργου είναι να διερευνήσει εννέα TRs σε δίκτυα ξηραντικών ποταμών (DRNs) σε μια ευρεία γεωγραφική έκταση που καλύπτει την Ευρώπη και την Κοινότητα των κρατών της Λατινικής Αμερικής και της Καραϊβικής (CELAC) για να κατανοήσει την άμεση και έμμεση συσχέτιση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και της μεταβολής της βιοποικιλότητας, των οικοσυστημικών λειτουργιών και των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε αυτούς τους 9 ποταμούς. Το Σχήμα 16 απεικονίζει τις γεωγραφικές θέσεις των εννέα ποταμών (6 στην Ευρώπη και 3 στην CELAC) που επιλέχθηκαν ως μελέτες περίπτωσης για το έργο DRYVER.



Εικόνα 16. Τοποθεσίες των εννέα ποταμών στην Ευρώπη και τη Νότια Αμερική που χρησιμοποιήθηκαν ως μελέτες περίπτωσης για το έργο DRYVER (Datry et al., 2021). Τα κόκκινα σημεία επισημαίνουν: 1) το δίκτυο Genal στην Ανδαλουσία (Ισπανία, μεσογειακή οικοπεριοχή). 2) το δίκτυο Albarine στη νότια Jura (Γαλλία, αλπική οικοπεριοχή). 3) Το δίκτυο Velička στο Morava (Τσεχική Δημοκρατία, ηπειρωτική οικοπεριοχή). 4) Το δίκτυο Krka στο καρστ Dinaric (Κροατία, βαλκανική οικοπεριοχή). 5) Το δίκτυο Bükkösi-víz, στην περιοχή Mecsek (Ουγγαρία, οικοπεριοχή Pannonia). 6) Το δίκτυο Vantaanjoki, στην περιοχή Helsinki-Uusimaa (Φινλανδία, βόρεια οικοπεριοχή). 7) Το δίκτυο Cube, στην περιοχή των Άνδεων-Τσόκο. (Εκουαδόρ, πεδινές περιοχές του Ειρηνικού). 8) Το δίκτυο Rio Chico στην περιοχή Sucre (Βολιβία, οικοπεριοχή Central High Andes). 9) Το δίκτυο Jaguaribe, στη βορειοανατολική ημίξηρη περιοχή (Βραζιλία, οικοπεριοχή Caatinga).

Επιπλέον, το έργο DRYVER επιδιώκει να αναπτύξει ένα παγκοσμίως εφαρμόσιμο μετα-οικοσυστημικό πλαίσιο (Cid et al., 2021) και στρατηγικές, κατευθυντήριες γραμμές και εργαλεία βασισμένα στη γνώση, ώστε να συμπεριληφθεί η προσαρμοστική διαχείριση των ΤΔ στις πραγματικές πολιτικές για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Datry et al., 2021). Το έργο έχει ήδη παράγει σημαντικό αριθμό εγγράφων, εκθέσεων και εγγράφων που είναι προσβάσιμα στον δικτυακό τόπο (<https://www.dryver.eu/results/>). Το έργο DRYVER θα

προσπαθήσει επίσης να δημιουργήσει ένα εκτεταμένο σύνολο δεδομένων ανοικτού κώδικα για την παρακολούθηση των υδρολογικών συνθηκών των TRs.

Λαμβάνοντας υπόψη τα όρια των μετρητικών σταθμών για την παρακολούθηση των συνθηκών μηδενικής ροής και των λιμνών, οι έρευνες πεδίου εξακολουθούν να αποτελούν μια από τις καλύτερες μεθόδους για την αξιολόγηση της κατάστασης των TR σε πραγματικό χρόνο (Magand et al., 2020). Η ανάγκη για μεγάλο αριθμό ερευνών πεδίου προωθεί τα προγράμματα επιστήμης των πολιτών και το crowdsourcing ως δυνατότητες διεύρυνσης της συλλογής δεδομένων πεδίου και ευαισθητοποίησης του κοινού σε περιβαλλοντικά ζητήματα (Conrad & Hilchey, 2011- Johnson et al., 2014). Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, ένα από τα κύρια αποτελέσματα του παρόντος έργου είναι η εφαρμογή ανοικτού κώδικα DRYRivers, μια κλασική εφαρμογή crowdsourcing που επιτρέπει σε κάθε πολίτη να συλλέγει πληροφορίες σχετικά με τα γεγονότα ξήρανσης των TR.

Αυτή η εφαρμογή υπάρχει σε δύο διαφορετικές εκδόσεις:

- Η εφαρμογή για κινητά αναπτύχθηκε για να επιτρέπει την offline καταγραφή δεδομένων στο πεδίο με φιλικό προς το χρήστη τρόπο. Είναι διαθέσιμη στο Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dryrivers&pli=1>) και στο App Store (<https://apps.apple.com/us/app/dryrivers/id1593273058>).

Η διαδικτυακή εφαρμογή (<https://www.dryver.eu/app>) είναι ένας χάρτης όλων των καταγεγραμμένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι χρήστες εδώ μπορούν να προσθέσουν νέα σημεία και εγγραφές ή να επεξεργαστούν τα δεδομένα που έχουν ήδη καταγραφεί.

Για να καταγράψετε την υδρολογική κατάσταση ενός τμήματος ποταμού με την εφαρμογή DRYRivers, οι χρήστες μπορούν να ακολουθήσουν τα εξής εύκολα βήματα:

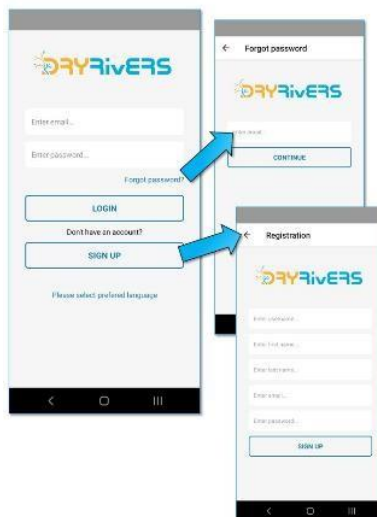
- Προσθέστε τη θέση του σημείου (μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο GPS του τηλεφώνου ή μπορεί να βρεθεί σε ένα υπάρχον σημείο στο χάρτη).
- Τραβήξτε μια φωτογραφία που να δείχνει την κατάσταση του ποταμού.
- Αξιολογήστε την υδρολογική κατάσταση στην κοίτη του ποταμού μεταξύ ρέοντος νερού, αποσυνδεδεμένων λιμνών ή ξηρής κοίτης.
- Αφού καταγράψουν τα δεδομένα, οι πληροφορίες πρέπει να αποθηκευτούν και να μεταφορτωθούν.

Η εφαρμογή μπορεί να καταγράψει όλα τα δεδομένα μόλις το κινητό τηλέφωνο συνδεθεί ξανά στο διαδίκτυο (Wi-Fi ή κινητό διαδίκτυο), οπότε είναι δυνατή η καταγραφή του τμήματος του ποταμού ακόμη και εκεί όπου δεν υπάρχει κάλυψη δικτύου.

Για πιο λεπτομερείς πληροφορίες, αυτός ο σύνδεσμος https://youtu.be/TZL4Rx_PxgY παρέχει ένα εκπαιδευτικό βίντεο για την εφαρμογή DRYRivERS ή μπορείτε να ακολουθήσετε τις οδηγίες στο έγγραφο "Tutorial for the DRYRivERS web application" που παρέχεται από την DRYIVERS. Παρακάτω υπάρχει ένα σύντομο εκπαιδευτικό βιογραφικό σημείωμα που εξηγεί τα βασικά βήματα για την έναρξη και την αξιοποίηση της εφαρμογής ως απλός χρήστης.

2.2.1 Σεμινάριο εφαρμογής για κινητά

Η εφαρμογή για κινητά χρησιμεύει ως επιχειρησιακό εργαλείο για την τεκμηρίωση και την καταγραφή των υδρολογικών συνθηκών των TR. Παρακάτω παρέχεται μια συνοπτική παρουσίαση του σεμιναρίου:

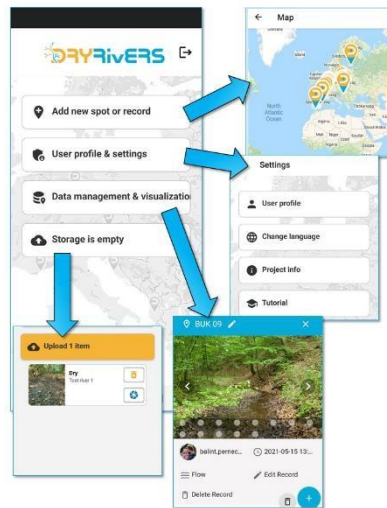


Εικόνα 17. Σύνδεση ή εγγραφή (πηγή: <https://www.dryver.eu/citizen-science/how-doesit-work>).

- Ξεκινώντας την εφαρμογή, εμφανίζεται το τμήμα της Εικόνας 17. Για να συνδεθείτε στον υπάρχοντα λογαριασμό σας στην εφαρμογή, εισαγάγετε τη διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και τον κωδικό πρόσβασής σας και κάντε κλικ στο κουμπί ΕΙΣΟΔΟΣ. Εάν είστε νέος χρήστης, κάντε κλικ στο κουμπί ΕΓΓΡΑΦΗ στην αρχική οθόνη

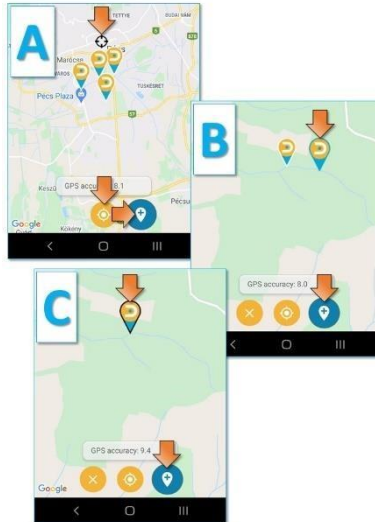
της εφαρμογής. Αυτό το βήμα θα σας μεταφέρει στη σελίδα εγγραφής, όπου μπορείτε να εισάγετε τις απαραίτητες πληροφορίες.

Μόλις ολοκληρώσετε τη διαδικασία εγγραφής, κάντε κλικ στο κουμπί ΕΓΓΡΑΦΗ για να ολοκληρώσετε. Εάν θέλετε να επιλέξετε τη γλώσσα προτίμησής σας, κάντε κλικ στο σύνδεσμο Please select preferred language (Παρακαλώ επιλέξτε τη γλώσσα προτίμησης).



Εικόνα 18. Επιλογές οθόνης εκκίνησης (πηγή: <https://www.dryver.eu/citizen-science/howdoes-it-work>).

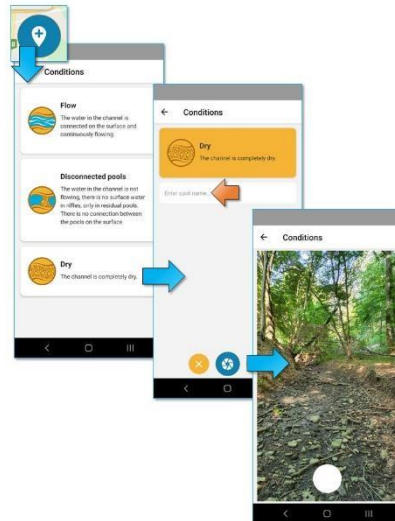
- Η οθόνη Έναρξη (Εικόνα 18) προσφέρει τέσσερις επιλογές. Μπορείτε να προσθέσετε ένα νέο σημείο ή μια νέα εγγραφή κάνοντας κλικ στο κουμπί **nameake**. Για να αποκτήσετε πρόσβαση στο προφίλ χρήστη και να προσαρμόσετε τις προτιμήσεις σας, κάντε κλικ στο μενού Προφίλ χρήστη και ρυθμίσεις (Εικόνα 18). Μπορείτε να μεταφορτώσετε εγγεγραμμένα σποτ/καταγραφές από τον αποθηκευτικό χώρο της συσκευής σας επιλέγοντας το κουμπί Upload Items (Εικόνα 18). Για να διαχειριστείτε και να επεξεργαστείτε τα σημεία και τις εγγραφές σας, μπορείτε να μεταβείτε στο μενού Διαχείριση δεδομένων & οπτικοποίηση (Εικόνα 18). Για να αποσυνδεθείτε από την εφαρμογή, κάντε κλικ στο εικονίδιο Έξοδος δίπλα στο λογότυπο της εφαρμογής DRYRIVERS.



Εικόνα 19. Προσθήκη νέου σημείου (πηγή: <https://www.dryver.eu/citizen-science/howdoes-it-work>).

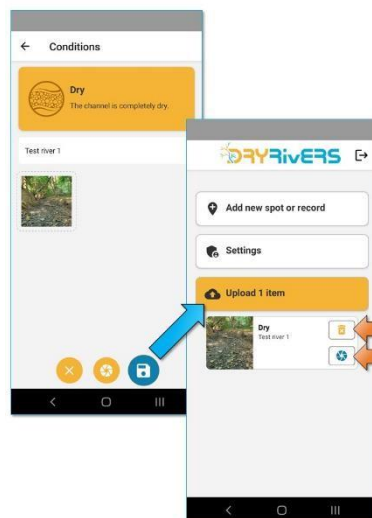
- Κάνοντας κλικ στο κουμπί Προσθήκη νέου σημείου ή εγγραφής στην αρχική οθόνη, θα μεταφερθείτε στην οθόνη του χάρτη (Εικόνα 19). Από εκεί, έχετε δύο επιλογές για τον εντοπισμό του σημείου που

επιθυμείτε να καταγράψετε: είτε χρησιμοποιώντας το εικονίδιο GPS για να βρείτε την τρέχουσα θέση σας είτε μετακινώντας και ζουμάροντας χειροκίνητα στο χάρτη. Η τρέχουσα θέση σας υποδεικνύεται από ένα μαύρο σταυρόνημα. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την προσθήκη ενός νέου σημείου ή μιας νέας εγγραφής: A) Μέθοδος GPS: Πατήστε το εικονίδιο GPS για να προσδιορίσετε την τρέχουσα θέση σας και, στη συνέχεια, πατήστε το εικονίδιο Προσθήκη νέου. Έτσι θα προσθέσετε ένα νέο σημείο στην τρέχουσα θέση σας (αυτή η επιλογή είναι δυνατή μόνο όταν η ακρίβεια του GPS είναι κάτω από 200 μέτρα). B) Μέθοδος με βάση το χάρτη: Πλοηγηθείτε στην επιθυμητή θέση στο χάρτη με κύλιση και ζουμ. Πατήστε το χάρτη για να τοποθετήσετε ένα σημάδι, το οποίο θα εμφανιστεί με μπλε περίγραμμα. Στη συνέχεια, πατήστε το εικονίδιο Προσθήκη νέου σημείου. B) Προσθήκη εγγραφής σε υπάρχον σημείο: Επιλέξτε ένα σημάδι στο χάρτη πατώντας το, το οποίο θα εμφανιστεί με μαύρο περίγραμμα. Πατήστε το εικονίδιο Προσθήκη νέου για να προσθέσετε μια νέα εγγραφή στο επιλεγμένο σημείο.



Εικόνα 20. Οθόνη συνθηκών (πηγή: <https://www.dryver.eu/citizen-science/howdoes-it-work>).

- Επιλέγοντας το εικονίδιο Προσθήκη νέου στην οθόνη του χάρτη, θα μεταφερθείτε στην οθόνη Όροι (Εικόνα 20). Εδώ, καλείστε να επιλέξετε την καταλληλότερη επιλογή κατάστασης (Flow / Pools / Dry) που περιγράφει με ακρίβεια την υδρολογική κατάσταση της περιοχής. Εάν προσθέτετε ένα νέο σημείο, έχετε τη δυνατότητα να εισαγάγετε ένα όνομα για αυτό (Εικόνα 20). Στη συνέχεια, συνιστάται έντονα η λήψη πολλαπλών φωτογραφιών (τουλάχιστον μίας) των τρεχουσών συνθηκών κάνοντας κλικ στο εικονίδιο Φωτογραφία και στη συνέχεια πατώντας το κουμπί Κλείστρο (Εικόνα 20).



Εικόνα 21. Ανέβασμα στοιχείου (πηγή: <https://www.dryver.eu/citizen-science/how-does-itwork>).

- Αφού ολοκληρώσετε όλα τα απαραίτητα βήματα, μπορείτε να αποθηκεύσετε την εγγραφή σας επιλέγοντας το εικονίδιο Αποθήκευση (Εικόνα 21). Μετά από αυτό, θα

επιστρέψετε στην αρχική οθόνη, όπου έχετε τη δυνατότητα είτε να προσθέσετε άλλο σημείο ή εγγραφή είτε να ανεβάσετε τα αποθηκευμένα στοιχεία σας κάνοντας κλικ στο κουμπί Ανέβασμα στοιχείων (Εικόνα 21). Εάν επιθυμείτε, μπορείτε να προσθέσετε επιπλέον φωτογραφίες στα ήδη αποθηκευμένα στοιχεία επιλέγοντας το εικονίδιο του κλειστρου. Αντίθετα, εάν δεν επιθυμείτε πλέον να ανεβάσετε ορισμένα αποθηκευμένα στοιχεία, μπορείτε να τα διαγράψετε χρησιμοποιώντας το εικονίδιο του κάδου απορριμμάτων.

2.3 Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση είναι ένας τεχνικός-επιστημονικός κλάδος που επιτρέπει τον εντοπισμό, τη μέτρηση και την ανάλυση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών ενός συγκεκριμένου αντικειμένου που βρίσκεται σε απόσταση, με βάση μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που εκπέμπεται, ανακλάται ή διαχέεται από την υπό εξέταση επιφάνεια. Η απόκτηση δεδομένων πραγματοποιείται χάρη σε απομακρυσμένους αισθητήρες τοποθετημένους σε πλατφόρμες, όπως μη επανδρωμένα αεροσκάφη, αεροπλάνα και δορυφόρους, οι οποίοι επιτρέπουν την ανίχνευση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που προέρχεται από μια σκηνή και τη μετατροπή της σε πληροφορίες. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες τηλεπισκόπησης, είναι η δυνατότητα παρακολούθησης ευρέων περιοχών με διάφορες χωρικές και χρονικές αναλύσεις. Επιπλέον, ορισμένα δορυφορικά αρχεία παρέχουν χρονοσειρές μεγαλύτερες των 40 ετών (π.χ. Landsat). Η ευρεία χρήση των δορυφορικών δεδομένων ενθαρρύνεται επίσης από την πολιτική δωρεάν διανομής που υιοθετούν ορισμένοι διαστημικοί οργανισμοί (π.χ. το πρόγραμμα Copernicus του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος), καθώς και από τους ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς προγραμματιστές που έχουν δημιουργήσει ιδιωτικές εταιρείες (π.χ. Planet, Esri).

Οι δορυφορικές πλατφόρμες είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που μετρούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανακλάται ή εκπέμπεται από ένα συγκεκριμένο αντικείμενο ή επιφάνεια. Με βάση τη λειτουργικότητα του αισθητήρα, διακρίνονται δύο κύριοι τύποι τηλεπισκόπησης: η ενεργητική τηλεπισκόπηση και η παθητική τηλεπισκόπηση. Στην ενεργητική τηλεπισκόπηση, ο αισθητήρας παράγει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για να φωτίσει τη σκηνή και καταγράφει το σήμα που επιστρέφει. Ο πιο συνηθισμένος ενεργός αισθητήρας είναι, για παράδειγμα, το ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (SAR), το οποίο στέλνει μια δέσμη ακτινοβολίας και καταγράφει το σήμα επιστροφής αφού αλληλεπιδράσει, και

επομένως τροποποιηθεί, από την υπό εξέταση επιφάνεια. Αντίθετα, η παθητική τηλεπισκόπηση κάνει χρήση παθητικών αισθητήρων που ανιχνεύουν τη φυσική ενέργεια που εκπέμπεται ή ανακλάται από το παρατηρούμενο αντικείμενο και είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία για την παρακολούθηση της γήινης επιφάνειας (Wulder et al., 2019). Στα συστήματα παθητικής τηλεπισκόπησης, η πιο κοινή πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος, ο οποίος ακτινοβολεί την επιφάνεια της γης με ένα συνεχές φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι αισθητήρες αυτού του τύπου μετρούν γενικά σε διαφορετικά φασματικά κανάλια που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Τυπικά, κυμαίνονται από το ορατό (0,4 μm - 0,7 μm) έως το υπέρυθρο (0,7 μm - 1 mm). Το κύριο μειονέκτημα των παθητικών αισθητήρων είναι η αδυναμία παρατήρησης της γήινης επιφάνειας με την παρουσία νεφών- κατά συνέπεια, σε περιοχές με συχνές βροχοπτώσεις μπορεί να προκύψουν μεγάλες περίοδοι χωρίς παρατήρηση. Από την άλλη πλευρά, στις περισσότερες περιπτώσεις, τα δεδομένα που αποκτώνται από παθητικούς αισθητήρες δεν απαιτούν μακρά και περίπλοκα στάδια προεπεξεργασίας. Συχνά διορθώνονται ραδιομετρικά και γεωμετρικά από διάφορες διαστημικές υπηρεσίες και μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα από έναν χρήστη. Επιπλέον, με τη συσχέτιση των μπλε, πράσινων και κόκκινων ζωνών με τα αντίστοιχα κανάλια (αντίστοιχα μπλε, πράσινο και κόκκινο) μπορεί να προκύψει μια φυσική έγχρωμη εικόνα (True Color), μέσω μιας προσθετικής λειτουργίας σύνθεσης χρώματος, η οποία μπορεί να ερμηνευθεί εύκολα ακόμη και από μη ειδικούς.

Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στον τομέα της παρατήρησης της Γης έχει συμβάλει στην εκτόξευση στο διάστημα διαφόρων ολοένα και πιο ισχυρών και εξελιγμένων δορυφορικών αποστολών. Μια ποικιλία δορυφορικών αποστολών διαδέχθηκε η μία την άλλη με την πάροδο των ετών, μεταξύ των οποίων ο Landsat, το MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) και η πιο πρόσφατη αποστολή Sentinel-2. Η επιλογή των δορυφορικών δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν, σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή παρακολούθησης, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το μέγεθος του αντικειμένου (π.χ. το μήκος και το πλάτος του στόχου), η απαιτούμενη χωρική ανάλυση, οι φυσικές ιδιότητες των προς παρατήρηση αντικειμένων, η διάρκεια της περιόδου παρατήρησης και η συχνότητα με την οποία πρέπει να παρακολουθούνται οι αλλαγές (Legleiter and Fonstad, 2012- Brierley and Fryirs, 2013- Gilvear and Bryant, 2016). Σε γενικές γραμμές, η χωρική, η χρονική και η φασματική ανάλυση είναι αντίθετες μεταξύ τους, δεδομένα με χονδροειδή χωρική ανάλυση είναι διαθέσιμα με υψηλή χρονική ανάλυση και το αντίστροφο. Ως εκ τούτου, η επιλογή των καταλληλότερων δορυφορικών τηλεπισκοπικών συνόλων δεδομένων αποτελεί πρόκληση λόγω των αναπόφευκτων συμβιβασμών μεταξύ της χωρικής ανάλυσης και του χρόνου επανάληψης.

Η χρήση των δορυφορικών δεδομένων για την παρακολούθηση των TRs έχει μέχρι στιγμής περιοριστεί από δύο βασικούς παράγοντες: τη χωρική ανάλυση των δορυφορικών εικόνων και τη διαθεσιμότητα των εικόνων σε προσιτό κόστος. Για την παρακολούθηση των TR απαιτούνται υψηλές χωρικές και χρονικές αναλύσεις. Εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης (χωρική ανάλυση της τάξης των 0,5 m) είναι διαθέσιμες για εμπορική χρήση, αλλά η χρήση τους για συνεχή παρακολούθηση σε μεγάλα χρονικά διαστήματα περιορίζεται από το υψηλό κόστος των προϊόντων. Μεταξύ των ελεύθερα διανεμόμενων πολυφασματικών εικόνων με συστηματική παγκόσμια κάλυψη, η αποστολή Sentinel-2 παρέχει την υψηλότερη χωρική ανάλυση και συχνότητα επανεπισκόπησης.

Η αποστολή Sentinel-2 αποτελεί μέρος του προγράμματος Copernicus για την παρατήρηση της Γης, το οποίο διευθύνεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και λειτουργεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA). Η αποστολή Sentinel-2 αποτελείται από έναν αστερισμό δύο δορυφόρων πολικής τροχιάς που βρίσκονται στην ίδια τροχιά. Ο πρώτος δορυφόρος, ο Sentinel-2A, που εκτοξεύθηκε στις 23 Ιουνίου 2015, παρέχει εικόνες με χρόνο επίσκεψης περίπου 10 ημερών στον ισημερινό. Από την εκτόξευση του δεύτερου δορυφόρου, του Sentinel-2B, στις 7 Μαρτίου 2017, ο συνολικός χρόνος επαναφοράς έχει γίνει περίπου 5 ημέρες στον ισημερινό και 2-3 ημέρες στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Και οι δύο δορυφόροι είναι εξοπλισμένοι με ένα οπτοηλεκτρονικό πολυφασματικό όργανο (MSI), το οποίο παρέχει εικόνες μέτριας ανάλυσης από τον Ιούνιο του 2015 (Sentinel-2A) και τον Μάρτιο του 2017 (Sentinel-2B). Το MSI λαμβάνει δεκατρείς φασματικές ζώνες (βλ. Πίνακα 2) στο ορατό (ζώνες 1-2-3-4), στο ερυθρό (ζώνες 5-6-7), στο εγγύς υπέρυθρο (NIR, ζώνες 8-8α), στο υπέρυθρο μικρού μήκους κύματος (SWIR, ζώνες 9-10-11-12). Η χωρική ανάλυση είναι 10 m για τις ζώνες 2,3,4 και 8, 60 m για τις ζώνες 1,9 και 10 και 20 m για τις υπόλοιπες.

Πίνακας 1. Φασματική κάλυψη των δεδομένων του δορυφόρου Sentinel-2.

Εύρος μήκους κύματος [nm]	Χωρική ανάλυση [m]			Φασματική περιοχή
	10	20	60	
423-463			B1	Παράκτιο αεροζόλ
458-523	B2			Μπλε
543-578	B3			Πράσινο
650-680	B4			Κόκκινο

698-713		B5		Κόκκινη άκρη
733-748		B6		Κόκκινη άκρη
773-793		B7		Κόκκινη άκρη
785-899	B8			NIR
855-875		B8a		NIR στενό
925-965			B9	Νερό - Ατμός
1350-1410			B10	SWIR - Cirrus
1565-1655		B11		SWIR
2100-2280		B12		SWIR

Χάρη στον άριστο συμβιβασμό μεταξύ χωρικής και χρονικής ανάλυσης και τη δυνατότητα εύκολης και δωρεάν λήψης των δεδομένων, τα πολυφασματικά δεδομένα της δορυφορικής αποστολής Sentinel-2 είναι τα πλέον κατάλληλα για την παρακολούθηση των TR.

Οι δορυφορικές εικόνες που έχουν αποκτηθεί από παθητικούς αισθητήρες έχουν αξιοποιηθεί ευρέως για τη χαρτογράφηση των υδάτινων επιφανειών κατά μήκος των πολυετών ποταμών λόγω της μεγάλης διαθεσιμότητας δεδομένων, καθώς και της κατάλληλης χωρικής και χρονικής ανάλυσης (Piégay et al., 2020). Ορισμένοι συγγραφείς έχουν αναπτύξει μεθόδους ταξινόμησης με επίβλεψη ή χωρίς επίβλεψη για τη δημιουργία χαρτών νερού ή κάλυψης γης. Οι Baki και Gan (2012) εφάρμοσαν ένα νευρωνικό δίκτυο χωρίς επίβλεψη για την εξαγωγή κλάσεων κάλυψης γης (νερό, ιζήματα και βλάστηση) από εικόνες Landsat για την παρακολούθηση της διάβρωσης/απόθεσης των πρηνών και της δυναμικής των νησιών του ποταμού Jamuna για τρεις δεκαετίες (1973-2003). Οι Carbonneau κ.ά. (2020) χρησιμοποίησαν μια μέθοδο ταξινόμησης με επίβλεψη για την εξαγωγή κλάσεων κάλυψης γης (νερό, βλάστηση και ιζήματα) και την οριοθέτηση ενεργών καναλιών από εικόνες Sentinel-2 σε τέσσερις ιταλικούς ποταμούς: τον ποταμό Po, τον ποταμό Sesia, τον ποταμό Paglia και τον ποταμό Bonamico.

Παρόλο που μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές για την εξαγωγή υδάτινων επιφανειών από πολυφασματικούς αισθητήρες, δεν υπάρχει ακόμη μια καθολική μέθοδος ταξινόμησης που να λειτουργεί για όλες τις μελέτες περιπτώσεων και η εξαγωγή της κάλυψης γης από πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες είναι ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο θέμα (Huang et al., 2018; Talukdar et al., 2020).

Ένας απλός και ευρέως χρησιμοποιούμενος τρόπος για την εξαγωγή επιφανειών νερού ή κλάσεων κάλυψης γης είναι η χρήση πολυφασματικών δεικτών (Petropoulos and Kalaitzidis, 2012). Η τάση των καμπυλών φασματικής ανάκλασης ενός αντικειμένου ή μιας επιφάνειας παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την εξαγωγή πολυφασματικών δεικτών. Στην πραγματικότητα, οι δείκτες αντιπροσωπεύουν έναν συνδυασμό δύο ή περισσότερων φασματικών ζωνών για τις οποίες μια επιφάνεια λαμβάνει χαρακτηριστικά που την καθιστούν διακριτή από άλλες.

Η φασματική υπογραφή του "καθαρού" νερού (αιωρούμενα στερεά <10 mg/l) κορυφώνεται στην πράσινη ζώνη μήκους κύματος (0,50-0,56 μm) και μειώνεται με την αύξηση του μήκους κύματος, φθάνοντας σε σχεδόν μηδενική ανάκλαση στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου (NIR) (0,75-1,4 μm). Το φάσμα ανάκλασης του θολού νερού παρουσιάζει υψηλότερες τιμές από το μέτρια θολό νερό στην ορατή και την εγγύς υπέρυθρη περιοχή και πλησιάζει το μηδέν στα μεγαλύτερα μήκη κύματος (Malinowski et al., 2015; Cavallo, 2022b). Αυτό οφείλεται στη συγκέντρωση και το μέγεθος των διαλυμένων ουσιών, των ιζημάτων και της οργανικής ύλης, η παρουσία των οποίων αυξάνει την ανάκλαση στην εγγύς υπέρυθρη ζώνη. Η φασματική απόκριση της βλάστησης μεταβάλλεται, όπως και για το νερό, με το μήκος κύματος και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος της βλάστησης, η πυκνότητα, η κατάσταση ανάπτυξης και η περιεκτικότητα σε υγρασία. Στο ορατό, οι τιμές της ανακλώμενης ενέργειας συσχετίζονται με την παρουσία χρωστικών ουσιών, όπως η χλωροφύλλη.

Για τη φωτοσύνθεση, η βλάστηση απορροφά την ορατή μπλε και κόκκινη ακτινοβολία και αντανακλά την πράσινη. Στα κοντινά υπέρυθρα μήκη (0,7-1,35 μm), η φασματική υπογραφή επηρεάζεται από τη δομή του φύλλου, ενώ στο υπέρυθρο μικρού μήκους κύματος (1,35- 2,70 μm) από την περιεκτικότητα σε νερό. Η υγιής βλάστηση τείνει να παρουσιάζει μεγαλύτερη ανακλαστικότητα στα κοντινά υπέρυθρα μήκη κύματος (Bannari et al., 1995). Για τα εδάφη, με τον ίδιο τρόπο, η ανάκλαση ποικίλλει ανάλογα με τη χημική και φυσική τους σύνθεση. Οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία, η περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες, η υφή και η δομή (Ou et al., 2022). Η ανακλαστικότητα του εδάφους αυξάνεται με το μήκος κύματος και μειώνεται αναλογικά με την περιεκτικότητα σε υγρασία σε αντιστοιχία με τις κορυφές απορρόφησης του νερού (π.χ. 1,4, 1,9, 2,7 μm, βλ. Εικόνα 22). Συνήθως, το νερό των υδροτόπων, των λιμνών και των ποταμών περιέχει στερεά σωματίδια και μπορεί να μην εμφανίζεται "καθαρό". Γενικά, σε περιβάλλοντα όπως οι λίμνες, η θολότητα στα επιφανειακά στρώματα είναι χαμηλή και το νερό στις περισσότερες περιπτώσεις έχει φασματική υπογραφή παρόμοια με "καθαρό" νερό (αιωρούμενα στερεά <10 mg/l). Ενώ στα ποτάμια, λόγω της

μεταφοράς στερεών, η θολότητα μπορεί να είναι μεγαλύτερη και η φασματική υπογραφή μπορεί να μοιάζει με θολό νερό. Επιπλέον, στην περίπτωση ρηχών υδάτων, η φασματική υπογραφή μπορεί να επηρεάζεται από τον τύπο και το χρώμα του υλικού υποβάθρου (π.χ. ίζημα ή υδρόβια βλάστηση).

Από την ανάλυση των φασματικών υπογραφών προέκυψαν οι πιο συνηθισμένοι πολυφασματικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των επιφανειών νερού, βλάστησης και γυμνού εδάφους. Για παράδειγμα, ο McFeeters (1996) πρότεινε τον δείκτη κανονικοποιημένης διαφοράς νερού (Normalised Difference Water Index - NDWI) που προέρχεται από τις πράσινες και τις NIR ζώνες.

$$NDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{NIR}}{\rho_{green} + \rho_{NIR}}$$

Αργότερα, ο Xu (2006) διαπίστωσε ότι η υπέρυθη ζώνη βραχέων κυμάτων (SWIR) είναι σε θέση να αντανακλά ορισμένα λεπτά χαρακτηριστικά του νερού, οπότε αντικατέστησε τη ζώνη εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) στον NDWI με τη ζώνη SWIR και πρότεινε τον MNDWI (Modify Normalised Difference Water Index).

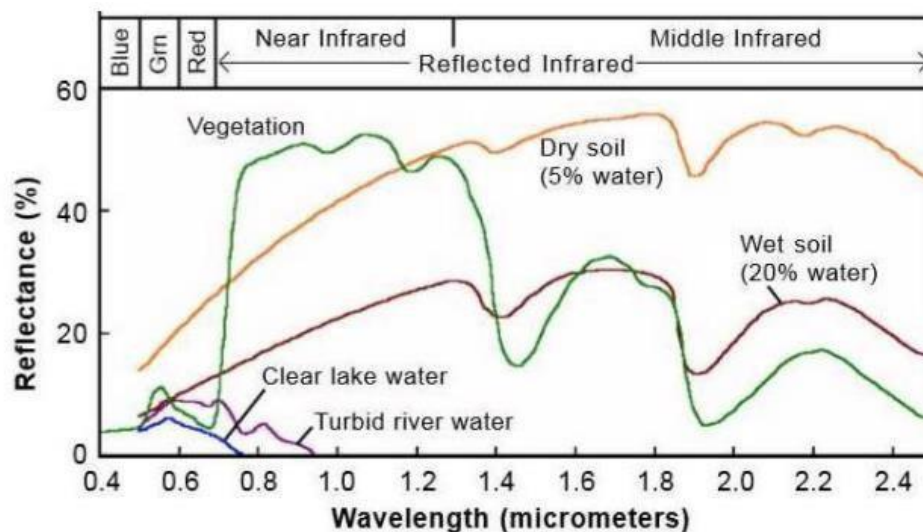
$$MNDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{SWIR}}{\rho_{green} + \rho_{SWIR}}$$

Από τα φάσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 22, μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι περιοχές που καλύπτονται από "καθαρό" νερό θα χαρακτηρίζονται από θετικές τιμές του NDWI. Αντίθετα, αναμένεται ότι οι επιφάνειες που καλύπτονται από θολά νερά θα εκδηλώνουν σχεδόν μηδενικές τιμές NDWI. Αντίθετα, τόσο τα καθαρά όσο και τα θολά νερά θα χαρακτηρίζονται από θετικές τιμές του MNDWI.

Ο Δείκτης Κανονικοποιημένης Διαφοράς Βλάστησης (NDVI, Curran, 1983) αναπτύχθηκε για την ανίχνευση φυτεμένων επιφανειών αλλά και για την εξαγωγή υδάτινων επιφανειών. Με βάση τα χαρακτηριστικά ανάκλασης του νερού (βλ. Εικόνα 22), οι τιμές NDWI και MNDWI για το νερό είναι γενικά μεγαλύτερες του μηδενός, ενώ οι τιμές NDVI είναι μικρότερες του μηδενός.

$\rho - \rho$

$$NDVI = \frac{NIR - red}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$



Εικόνα 22. Φασματική ανάκλαση του καθαρού νερού της λίμνης (αιωρούμενα στερεά <10 mg/l), του θολού νερού του ποταμού, της βλάστησης, του ξηρού και του υγρού εδάφους, (πηγή: Pft [ErM E x 100 - Γεωργική Μετεωρολογία - Προοδευτική Κηπουρική]).

Αρκετοί συγγραφείς έχουν χρησιμοποιήσει πολυφασματικούς δείκτες και μια μέθοδο κατωφλίου για την εξαγωγή του υγρού καναλιού από δορυφορικές εικόνες και τη μελέτη των μορφολογικών εξελίξεων των ποτάμιων καναλιών. Για παράδειγμα, οι Cavallo et al. (2021b) εξήγαγαν το υγρό κανάλι του ιταλικού ποταμού Po από τα σύνολα δεδομένων Landsat-4/5, Landsat-8 και Sentinel2 χρησιμοποιώντας μια μέθοδο κατωφλίου που βασίζεται στον δείκτη MNDWI για την ανάλυση των μορφολογικών αλλαγών του από το 1986 έως το 2021. Οι Kryniecka και Magnuszewski (2021) αξιοποίησαν μια μέθοδο κατωφλίου με βάση τη μάσκα νερού Sentinel (SWM) και τον αυτοματοποιημένο δείκτη εξαγωγής νερού χωρίς σκιά ($AWEI_{nsh}$) για την εξαγωγή υδάτινων επιφανειών από έξι πολυφασματικές εικόνες Sentinel-2 για τη μελέτη της εναλλασσόμενης κίνησης των αμμοθινών στον ποταμό Vistula στην Πολωνία. Οι Jiang κ.ά. (2014) ανέπτυξαν μια αυτοματοποιημένη μέθοδο εξαγωγής υδάτινων επιφανειών αξιοποιώντας τέσσερις πολυφασματικούς δείκτες νερού (NDWI, MNDWI, $AWEI_{nsh}$ και Automated Water Extraction Index with shadow, $AWEI_{sh}$) για τη χαρτογράφηση υγρών καναλιών έξι διαφορετικών ποταμών στη βόρεια και βορειοδυτική Κίνα.

Αν και η τηλεπισκόπηση έχει βρει ευρεία εφαρμογή για την εξόρυξη νερού σε πολυετείς ποταμούς, μόλις πρόσφατα ορισμένοι συγγραφείς άρχισαν να διερευνούν τις δυνατότητες των δορυφορικών δεδομένων για την παρακολούθηση της παρουσίας νερού κατά μήκος των TR. Για παράδειγμα, οι Seaton et al. (2020) εξέτασαν τη χρησιμότητα διαφόρων πολυφασματικών δεικτών που προέρχονται από δορυφορικές εικόνες Sentinel-2 και Landsat-8 για τον εντοπισμό

και τη χαρτογράφηση των επιφανειακών περιοχών νερού κατά μήκος τριών TR που βρίσκονται στο Δυτικό Ακρωτήριο της Νότιας Αφρικής. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι οι δείκτες NDWI και $AWEI_{nsh}$ των Wang et al. (2018) προσφέρονται καλύτερα για την εξαγωγή της υδάτινης επιφάνειας. Οι Maswanganye et al. (2022) διερεύνησαν τη χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων πολλαπλών πηγών για την παρακολούθηση της χωρικής κατανομής των λιμνών και της δυναμικής των λιμνών κατά μήκος τριών TR. Οι συγγραφείς εξήγαγαν υδάτινες επιφάνειες χρησιμοποιώντας τρεις πολυφασματικούς δείκτες, συμπεριλαμβανομένων των NDWI, MNDWI και NDVI, και μια επιβλεπόμενη μέθοδο ταξινόμησης με τυχαίο δάσος (RF) από πολυφασματικές εικόνες Sentinel-2. Το RF είναι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης που χρησιμοποίησε μια μη παραμετρική μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων ταξινόμησης και παλινδρόμησης. Βασίζεται στον αλγόριθμο Classification And Regression Trees (CART) και ξεπερνά τα μειονεκτήματά του, χρησιμοποιώντας ένα πλήθος (ένα "δάσος") δέντρων απόφασης για να κάνει ισχυρές προβλέψεις, λιγότερο επιρρεπείς σε προβλήματα υπερπροσαρμογής. Εξήγαγαν επίσης υδάτινες επιφάνειες από τα δεδομένα Sentinel-1 SAR με μια μέθοδο ταξινόμησης κατωφλίου. Τα αποτελέσματα της εργασίας τους δείχνουν ότι οι MNDWI και NDWI αναγνώρισαν τις πισίνες καλύτερα από άλλες μεθόδους και στους δύο ποταμούς που μελετήθηκαν.

Περαιτέρω και πιο πρόσφατες μελέτες αξιοποίησαν σύνολα δορυφορικών δεδομένων για την εκτίμηση της διαλείπουσας ροής των TR. Συγκεκριμένα, οι Wang και Vionni (2022) ανέπτυξαν μια νέα προσέγγιση για να διαπιστώσουν την παρουσία επιφανειακής ροής σε ένα TR της Αριζόνα (ΗΠΑ) αξιοποιώντας τις εμπορικές εικόνες του CubeSat (Planet). Προτάθηκε ένας δείκτης, βασισμένος στη ζώνη NIR, προκειμένου να προσδιοριστεί η κατάσταση ροής σε διάφορα τμήματα του ποταμού Hassayampa σε ημερήσια κλίμακα κατά τη διάρκεια τριών ετών παρατήρησης. Η διαχρονική εξέλιξη αυτού του δείκτη έδειξε υψηλό βαθμό σύγκλισης με τα παρατηρούμενα δεδομένα ροής που καταγράφηκαν από έναν μετρητικό σταθμό που βρίσκεται στο υπό εξέταση τμήμα του ποταμού. Τέλος, οι Cavallo κ.ά. (2022a) χρησιμοποίησαν πολυφασματικές εικόνες Sentinel-2 για την ανίχνευση και παρακολούθηση των αλλαγών στην παρουσία της υδάτινης επιφάνειας κατά μήκος τριών μεσογειακών TR που βρίσκονται στη νότια Ιταλία. Αξιολογώντας την υπογραφή της ανάκλασης του νερού, των ιζημάτων και των καλύψεων βλάστησης και με τη βοήθεια δεδομένων επίγειας αλήθειας και εικόνων υψηλής ανάλυσης, προέκυψε ότι η ψευδοχρωματική εικόνα με τις ζώνες SWIR, NIR και RED του Sentinel-2 επιτρέπει τη σαφή διάκριση των υδάτινων επιφανειών από τα άλλα συστατικά του ποτάμιου διαδρόμου. Οι σύνθετες εικόνες ψευδοχρωμάτων επιτρέπουν την πραγματοποίηση μιας εποπτευόμενης ταξινόμησης των ποτάμιων διαδρόμων που ερευνήθηκαν ως προς τρεις



υδρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια έξι ετών παρατήρησης: "Ροή" (F), "λίμνες" (P) και "ξηρασία" (D). Το σύνολο δεδομένων που προέκυψε επέτρεψε την εκπαίδευση τοπικά βαθμονομημένων μοντέλων Random Forest (RF). Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την επίλυση ενός προβλήματος ταξινόμησης με την αρχειοθέτηση των χρονικών κενών μεταξύ των δορυφορικών εικόνων και την πρόβλεψη της εμφάνισης μιας από τις τρεις υδρολογικές συνθήκες (F/P/D) σε ημερήσια κλίμακα με τη χρήση τοπικών μετεωρολογικών υδρολογικών δεδομένων.



Co-funded by
the European Union

Αναφορές

- Acuña, V., Datry, T., Marshall, J., Barceló, D., Dahm, C. N., Ginebreda, A., & Mcgregor, G. (2014). Γιατί πρέπει να μας ενδιαφέρουν οι προσωρινές υδάτινες οδοί; SCIENCE, 343, 6-7.
- Allen, D. C., Datry, T., Boersma, K. S., Bogan, M. T., Boulton, A. J., Bruno, D., ... & Zimmer, M. (2020). Εννοιολογικά μοντέλα ποτάμιων οικοσυστημάτων και μη πολυετείς ποταμοί: μια κριτική ανασκόπηση. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 7(5),
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. (1995). Ανασκόπηση των δεικτών βλάστησης. Remote sensing reviews, 13(1-2), 95-120.
- Baki, A. B. M., & Gan, T. Y. (2012). Μετανάστευση των παραποτάμιων όχθων και δυναμική των νησιών του πλεγμένου ποταμού Jamuna της λεκάνης Ganges-Brahmaputra με τη χρήση πολυχρονικών εικόνων Landsat. Quaternary International, 263, 148-161.
- Bhamjee, R., & Lindsay, J. B. (2011). Σχεδιασμός αισθητήρων εφήμερων ρευμάτων με χρήση καταγραφών κατάστασης. Hydrology and Earth System Sciences, 15(3), 1009-1021.
- Brierley, G. J., & Fryirs, K. A. (2013). Γεωμορφολογία και διαχείριση ποταμών: εφαρμογές του πλαισίου των ποτάμιων στυλ. John Wiley & Sons.
- Bonada, N., Zamora-Munoz, C., Rieradevall, M., & Prat, N. (2004). Οικολογικά προφίλ προνυμφών καδένας σε μεσογειακά ρέματα: επιπτώσεις στις μεθόδους βιοαξιολόγησης. Environmental pollution, 132(3), 509-521.
- Boulton, A. J. (2003). Παράλληλες και αντίθετες επιδράσεις της ξηρασίας στα μακροασπόνδυλα των ρεμάτων. Freshwater Biology, 48(7), 1173-1185.
- Busch, M. H., Costigan, K. H., Fritz, K. M., Datry, T., Krabbenhoft, C. A., Hammond, J. C., Zimmer, M., Olden, J. D., Burrows, R. M., Dodds, W. K., Boersma, K. S., Shanafield, M., Kampf, S. K., Mims, M. C., Bogan, M. T., Ward, A. S., Rocha, M. P., Godsey, S., Allen, G. H., ... Allen, D. C. (2020). What's in a name? Μοτίβα, τάσεις και προτάσεις για τον ορισμό μη πολυετών ποταμών και ρεμάτων. Water (Ελβετία), 12(7).
- Carbonneau, P. E., Belletti, B., Micotti, M., Lastoria, B., Casaioli, M., Mariani, S., ...

- & Bizzi, S. (2020). Εκπαίδευση με UAV για πλήρως ασαφή ταξινόμηση των ποτάμιων σκηνών του Sentinel-2. *Earth surface processes and landforms*, 45(13), 3120-3140.
- Cavallo, C., Para, M. N., Gargiulo, M., Palau-Salvador, G., Vezza, P., & Ruello, G. (2021a). Συνεχής παρακολούθηση της δυναμικής των πλημμυρών στον υδροβιότοπο Albufera (Ισπανία) με τα σύνολα δεδομένων Landsat-8 και Sentinel-2. *Remote Sensing*, 13(17).
- Cavallo, C., Nones, M., Para, M. N., Gargiulo, M., & Ruello, G. (2021b). Παρακολούθηση της μορφολογικής εξέλιξης μιας διαδρομής του ιταλικού ποταμού Po με τη χρήση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων και δεδομένων φάσης. *Geocarto International*, 37(25), 8579-8601.
- Cavallo, C., Para, M. N., Negro, G., Gargiulo, M., Ruello, G., & Vezza, P. (2022a). Εκμετάλλευση του συνόλου δεδομένων Sentinel-2 για την αξιολόγηση της διαλείπουσας ροής σε μη πολυετείς ποταμούς. *Scientific Reports*, 12(1), 21756.
- Cavallo, C. (2022b). Παρακολούθηση των περιβαλλόντων γλυκού νερού με δορυφορικά δεδομένα. Διδακτορική διατριβή.
- Chapin, T. P., Todd, A. S., & Zeigler, M. P. (2014). Ανθεκτικοί, χαμηλού κόστους καταγραφείς δεδομένων για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της διαλείπουσας ροής και της σχετικής αγωγιμότητας των ρευμάτων. *Water Resources Research*, 50(8), 6542-6548.
- Cid, N., Heino, J., Singer, G., & Bonada, N., Sarremejane, R., Sandin, H. M. L., ... & Datry, T. (2021). Από τη θεωρία των μετα-συστημάτων στη βιώσιμη διαχείριση των ποταμών στο Ανθρωπόκαινο.
- Cid, N., Verkaik, I., García-Roger, E. M., Rieradevall, M., Bonada, N., SánchezMontoya, M. D. M., ... & Prat, N. (2016). Ένα βιολογικό εργαλείο για την αξιολόγηση της συνδεσιμότητας της ροής σε προσωρινά ρεύματα αναφοράς από τη λεκάνη της Μεσογείου. *Science of the Total Environment*, 540, 178-190.
- Conrad, C. C., & Hilchey, K. G. (2011). Ανασκόπηση της επιστήμης των πολιτών και της περιβαλλοντικής παρακολούθησης με βάση την κοινότητα : ζητήματα και ευκαιρίες. *Περιβαλλοντική παρακολούθηση και αξιολόγηση*, 176, 273-291.
- Costigan, K. H., Kennard, M. J., Leigh, C., Sauquet, E., Datry, T., & Boulton, A. J. (2017). Κεφάλαιο 2.2 - Καθεστώτα ροής σε διαλείποντα ποτάμια και εφήμερα ρέματα. In T. Datry, N.

- Bonada, & A. Boulton (Eds.), *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams* (pp. 51-78). Academic Press.
- Cottet, M., Robert, A., Tronchère-Cottet, H., & Datry, T. (2023). "Είναι στεγνό, έχει λιγότερη γοητεία!": Αλληλεπιδρούν οι αντιλήψεις και οι αξίες των διακοπτόμενων ποταμών με τη διαχείρισή τους; *Environmental Science and Policy*, 139(Νοέμβριος 2022), 139-148.
- Curran, P. J. (1983). Πολυφασματική τηλεπισκόπηση για την εκτίμηση του δείκτη πράσινης φυλλικής επιφάνειας. *Philosophical Transactions of the Royal Society of Λονδίνο. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 309(1508), 257270.
- Datry, T., Corti, R., Claret, C., & Philippe, M. (2011). Η διαλείπουσα ροή ελέγχει τη διάσπαση της φυλλοστρωμνής σε ένα γαλλικό προσωρινό αλλουβιακό ποτάμι: η "μνήμη της ξήρανσης". Datry, T., Larned, S. T., & Tockner, K. (2014). Διαλείποντες ποταμοί: Μια πρόκληση για την οικολογία των γλυκών υδάτων. *BioScience*, 64(3), 229-235.
- Datry, T., Allen, D., Argelich, R., Barquin, J., Bonada, N., Boulton, A., ... & Vinyoles, D. (2021). Διασφάλιση της βιοποικιλότητας, της λειτουργικής ακεραιότητας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών σε δίκτυα ποταμών που ξηραίνονται (DRYVER). *Research Ideas and Outcomes*, 7, e77750.
- Datry, T., Truchy, A., Olden, J. D., Busch, M. H., Stubbington, R., Dodds, W. K., Zipper, S., Yu, S., Messenger, M. L., Tonkin, J. D., Kaiser, K. E., Hammond, J. C., Moody, E. K., Burrows, R. M., Sarremejane, R., DelVecchia, A. G., Fork, M. L., Little, C. J., Walker, R. H., ... Allen, D. (2023). Αιτίες, αντιδράσεις και επιπτώσεις της ανθρωπογενούς έναντι της φυσικής διακοπής της ροής σε ποτάμια δίκτυα. *BioScience*, 73(1), 9-22.
- De Girolamo, A. M., Pappagallo, G., & Porto, A. L. (2015). Διαχρονική μεταβλητότητα της μεταφοράς αιωρούμενων ιζημάτων και καμπύλες αξιολόγησης σε μια λεκάνη απορροής ποταμού της Μεσογείου: Celone (NA Ιταλία). *Catena*, 128, 135-143.
- Döll, P., & Schmied, H. M. (2012). Πώς σχετίζονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα καθεστώτα ροής των ποταμών με τις επιπτώσεις στη μέση ετήσια απορροή; Μια ανάλυση σε παγκόσμια κλίμακα. *Environmental Research Letters*, 7(1).
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο - Οδηγία 2000/60/ΕΚ για το πλαίσιο του νερού. (2000). ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ.

- Fritz, K. M., Feminella, J. W., Colson, C., Lockaby, B. G., Governo, R., & Rummer, R. B. (2006). Βιομάζα και ρυθμοί αποσύνθεσης ριζών και απορριμμάτων σε ιζήματα διακοπτόμενων ρευμάτων της παράκτιας πεδιάδας. *Hydrobiologia*, 556, 265-277.
- Fritz, K., Cid, N., & Autrey, B. (2017). Governance, Legislation, and Protection of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams. Στο *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*. Elsevier Inc.
- Garcia-Roger, E. M., del Mar Sánchez-Montoya, M., Gómez, R., Suárez, M. L., Vidal-Abarca, M. R., Latron, J., ... & Prat, N. (2011). Επηρεάζουν οι εποχιακές μεταβολές στα χαρακτηριστικά των ενδιαιτημάτων τις συγκεντρώσεις των υδρόβιων μακροασπονδύλων σε πολυετή και προσωρινά μεσογειακά ρέματα;. *Aquatic sciences*, 73, 567-579.
- Gao, S., Chen, M., Li, Z., Cook, S., Allen, D., Neeson, T., Yang, T., Yami, T., & Hong, Y. (2021). Mapping dynamic non-perennial stream networks using highresolution distributed hydrologic simulation: Μια μελέτη περίπτωσης στην άνω λεκάνη του μπλε ποταμού. *Journal of Hydrology*, 600(September 2020), 126522.
- Gessner, M. O., & Chauvet, E. (2002). Μια υπόθεση για τη χρήση της διάσπασης των απορριμμάτων για την αξιολόγηση της λειτουργικής ακεραιότητας των ρευμάτων. *Ecological applications*, 12(2), 498-510.
- Gilvear, D., & Bryant, R. (2016). Ανάλυση τηλεπισκοπικών δεδομένων για την ποτάμια γεωμορφολογία και την επιστήμη των ποταμών. *Εργαλεία στην ποτάμια γεωμορφολογία*, 103-132.
- Hassan, M.A., Egozi, R. (2001). Επίδραση της απόρριψης υγρών αποβλήτων στη μορφολογία των καναλιών των εφήμερων ρεμάτων. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Ανίχνευση, εξαγωγή και παρακολούθηση επιφανειακών υδάτων από το διάστημα με τη χρήση οπτικών αισθητήρων: Μια ανασκόπηση. *Reviews of Geophysics*, 56(2), 333-360.
- Jiang, H., Feng, M., Zhu, Y., Lu, N., Huang, J., & Xiao, T. (2014). Μια αυτοματοποιημένη μέθοδος για την εξαγωγή ποταμών και λιμνών από εικόνες Landsat. *Remote Sensing*, 6(6), 5067-5089.

- Johnson, M. F., Hannah, C., Acton, L., Popovici, R., Karanth, K. K., & Weinthal, E. (2014). Δικτυακός περιβαλλοντισμός: Citizen scientists as agents for environmental advocacy. *Global Environmental Change*, 29, 235-245.
- Kryniecka, K., & Magnuszewski, A. (2021). Εφαρμογή δορυφορικών εικόνων sentinel-2 για τη μελέτη της εναλλασσόμενης κίνησης των αμμοθινών στον ποταμό Lower Vistula (Πολωνία). *Remote Sensing*, 13(8), 1505.
- Legleiter, C. J., & Fonstad, M. A. (2012). Εισαγωγή στη φυσική βάση για την εξαγωγή πληροφοριών για τα ποτάμια με οπτική τηλεπισκόπηση. *Fluvial remote sensing for science and management*, 43-69.
- Llanos-Paez, O., & Acuña, V. (2022). Ανάλυση των κοινωνικο-οικολογικών παραγόντων της ψυχαγωγικής χρήσης προσωρινών ρεμάτων και ποταμών. *Science of the Total Environment*, 807.
- Magand, C., Maria, H. A., Calleja, E., Datry, T., Dörflinger, G., England, J., Munne, A., & Iakovos, T. (2020). Διαλείποντα ποτάμια και εφήμερα ρέματα : Τι πρέπει να γνωρίζουν οι διαχειριστές υδάτων.
- Malinowski, R., Groom, G., Schwanghart, W., & Heckrath, G. (2015). Ανίχνευση και οριοθέτηση τοπικών πλημμυρών από πολυφασματικά δεδομένα WorldView-2. *Remote sensing*, 7(11), 14853-14875.
- Marshall, J. C., Acuña, V., Allen, D. C., Bonada, N., Boulton, A. J., Carlson, S. M., ... & Vander Vorste, R. (2018). Προστασία των προσωρινών υδάτινων οδών των ΗΠΑ. *Science*, 361(6405), 856-857.
- Maswanganye, S. E., Dube, T., Jovanovic, N., & Mazvimavi, D. (2022). Χρήση δεδομένων τηλεπισκόπησης πολλαπλών πηγών για την παρακολούθηση της χωρικής κατανομής των λιμνών και της δυναμικής των λιμνών κατά μήκος μη πολυετών ποταμών σε ημι-άγονα περιβάλλοντα, Νότια Αφρική. *Geocarto International*, 1-20.
- McFeeters, S. K. (1996). Η χρήση του δείκτη κανονικοποιημένης διαφοράς νερού (NDWI) στην οριοθέτηση των ανοικτών υδάτινων χαρακτηριστικών. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Messenger, M. L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., Tockner, K., Trautmann, T., Watt, C., & Datry, T. (2021). Παγκόσμιος επιπολασμός των μη πολυετών ποταμών και ρεμάτων. *Nature*, 594(7863), 391-397.

- Munné, A., & Prat, N. (2009). Χρήση πολυμετρικών δεικτών με βάση τα μακροασπόνδυλα για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων σε ισπανικούς μεσογειακούς ποταμούς: μια προσέγγιση διαβαθμονόμησης με τον δείκτη IBMWP. *Hydrobiologia*, 628, 203-225.
- Ou, D., Tan, K., Wang, X., Wu, Z., Li, J., & Ding, J. (2022). Τροποποιημένοι εδαφικοί συντελεστές σκέδασης για την αντιστροφή της οργανικής ύλης με βάση τη θεωρία Kubelka-Munk. *Geoderma*, 418, 115845.
- Oueslati, O., De Girolamo, A. M., Abouabdillah, A., Kjeldsen, T. R., & Lo Porto, A. (2015). Ταξινόμηση των καθεστώτων ροής των μεσογειακών ρεμάτων με τη χρήση πολυμεταβλητής ανάλυσης. *Hydrological Processes*, 29(22), 4666-4682.
- Pastor, A. V., Tzoraki, O., Bruno, D., Kaletová, T., Mendoza-Lera, C., Alamanos, A., Brummer, M., Datry, T., De Girolamo, A. M., Jakubínský, J., Logar, I., Loures, L., Ilhéu, M., Koundouri, P., Nunes, J. P., Quintas-Soriano, C., Sykes, T., Truchy, A., Tsani, S., & Jorda-Capdevila, D. (2022). Επανεξέταση των δεικτών οικοσυστημικών υπηρεσιών για την εφαρμογή τους σε ποτάμια με διαλείπουσα ροή. *Οικολογικοί δείκτες*, 137(Μάρτιος).
- Petropoulos, G. P., & Kalaitzidis, C. (2012). Πολυφασματικοί δείκτες βλάστησης στην τηλεπισκόπηση: μια επισκόπηση. *Ecol. Model*, 2, 15-39.
- Riégay, H., Arnaud, F., Belletti, B., Bertrand, M., Bizzi, S., Carbonneau, P., ... & Slater, L. (2020). Ποτάμια με τηλεπισκόπηση στην ανθρωπόκαινο: Κατάσταση της τεχνολογίας και προοπτικές. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(1), 157-188.
- Poff, N. L., & Zimmerman, J. K. H. (2010). Οικολογικές αντιδράσεις σε μεταβαλλόμενα καθεστώτα ροής: βιβλιογραφική ανασκόπηση για την ενημέρωση της επιστήμης και της διαχείρισης των περιβαλλοντικών ροών. *Freshwater Biology*, 55(1), 194-205.
- Prat, N., Gallart, F., Von Schiller, D., Polesello, S., García-Roger, E. M., Latron, J., ... & Froebrich, J. (2014). The mirage toolbox: ένα ολοκληρωμένο εργαλείο αξιολόγησης για προσωρινά ρέματα. *River research and applications*, 30(10), 1318-1334.
- Pumo, D., Caracciolo, D., Viola, F., & Noto, L. V. (2016). Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο υδρολογικό καθεστώς μικρών μη πολυετών λεκανών απορροής ποταμών. *Science of the Total Environment*, 542, 76-92.

- Sánchez-Montoya, M. M., Vidal-Abarca, M. R., Puntí, T., Poquet, J. M., Prat, N., Rieradevall, M., ... & Suárez, M. L. (2009). Καθορισμός κριτηρίων για την επιλογή περιοχών αναφοράς σε μεσογειακά ρέματα. *Hydrobiologia*, 619, 39-54.
- Sánchez-Montoya, M. M., Arce, M. I., Vidal-Abarca, M. R., Suárez, M. L., Prat, N., & Gómez, R. (2012). Καθορισμός φυσικοχημικών συνθηκών αναφοράς σε μεσογειακά ρέματα σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά. *Water Research*, 46(7), 2257-2269.
- Seaton, D., Dube, T., & Mazvimavi, D. (2020). Χρήση πολυχρονικών δορυφορικών δεδομένων για την παρακολούθηση των επιφανειών των λιμνών που εμφανίζονται σε μη πολυετείς ποταμούς σε ημίξηρα περιβάλλοντα του Δυτικού Ακρωτηρίου της Νότιας Αφρικής. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167, 375-384.
- Shanafield, M., Bourke, S. A., Zimmer, M. A., & Costigan, K. H. (2021). Επισκόπηση της υδρολογίας των μη πολυετών ποταμών και ρεμάτων. Wiley
Διεπιστημονικές κριτικές: *Water*, 8(2), 1-25.
- Skoulikidis, N. T., Sabater, S., Datry, T., Morais, M. M., Buffagni, A., Dör, G., Zogaris, S., Sánchez-montoya, M., Bonada, N., Kalogianni, E., Rosado, J., Vardakas, L., Maria, A., Girolamo, D., & Tockner, K. (2017). Science of the Total Environment Μη πολυετείς μεσογειακοί ποταμοί στην Ευρώπη : Status , pressures , and challenges for research and management. 577, 1-18.
- Steward, A. L., von Schiller, D., Tockner, K., Marshall, J. C., & Bunn, S. E. (2012). When the river runs dry: human and ecological values of dry riverbeds. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(4), 202-209.
- Stoddard, J. L., Larsen, D. P., Hawkins, C. P., Johnson, R. K., & Norris, R. H. (2006). Καθορισμός προσδοκιών για την οικολογική κατάσταση των ρεμάτων: η έννοια της κατάστασης αναφοράς. *Ecological applications*, 16(4), 1267-1276.
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Pal, S., Liou, Y. A., & Rahman, A. (2020). Ταξινόμηση χρήσεων γης-κάλυψης γης με ταξινομητές μηχανικής μάθησης για δορυφορικές παρατηρήσεις- μια ανασκόπηση. *Remote Sensing*, 12(7), 1135.
- Wang, X., Xie, S., Zhang, X., Chen, C., Guo, H., Du, J., & Duan, Z. (2018). Ένας ισχυρός δείκτης νερού πολλαπλών ζωνών (MBWI) για την αυτοματοποιημένη εξαγωγή επιφανειακού νερού από εικόνες Landsat 8 OLI. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 68, 73-91.

- Thorp, J. H., Flotemersch, J. E., DeLong, M. D., Casper, A. F., Thoms, M. C., Ballantyne, F., ... & Haase, C. S. (2010). Σύνδεση οικοσυστημικών υπηρεσιών, αποκατάσταση και υδρογεωμορφολογίας ποταμών. *BioScience*, 60(1), 67-74.
- Wang, Z., & Vivoni, E. R. (2022). Ανίχνευση ροής σε ποτάμια ξηράς ζώνης με τη χρήση CubeSats. *Geophysical Research Letters*, 49(15).
- Wulder, M. A., Loveland, T. R., Roy, D. P., Crawford, C. J., Masek, J. G., Woodcock, C. E., ... & Zhu, Z. (2019). Τρέχουσα κατάσταση του προγράμματος Landsat, της επιστήμης και των εφαρμογών. *Remote sensing of environment*, 225, 127-147.
- Χυ, Η. (2006). Τροποποίηση του δείκτη κανονικοποιημένης διαφοράς νερού (NDWI) για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών ανοικτών υδάτων σε εικόνες τηλεπισκόπησης. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Ye, W., Bates, B. C., Viney, N. R., Sivapalan, M., & Jakeman, A. J. (1997). Απόδοση εννοιολογικών μοντέλων βροχόπτωσης-απορροής σε εφήμερες λεκάνες απορροής χαμηλής απόδοσης. *Water Resources Research*, 33(1), 153-166.
- Zipper, S., Popescu, I., Compare, K., Zhang, C., & Seybold, E. C. (2022). Εναλλακτικές σταθερές καταστάσεις και αλλαγές υδρολογικών καθεστώτων σε ένα μεγάλο ποτάμι με διαλείπουσα ροή. *Environmental Research Letters*, 17(7).