Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani
NATIONAL BIODIVERSITY FUTURE CENTER
Consiglio Nazionale delle Ricerche
parchi emilia centrale

La Citizen Science a Scuola:

esplorare e proteggere gli ecosistemi d'acqua dolce

Osservatorio Citizen Science www.osservatoriocitizenscience.org

Il presente documento ha lo scopo di fornire alcune informazioni necessarie per l'attivazione di progetti di Citizen Science rivolto alle scuole, dalle primarie alle secondarie di secondo grado. La richiesta di partecipazione può essere effettuata dai docenti interessati via e-mail info@osservatoriocitizenscience.org

Il manuale è stato realizzato nell'ambito del progetto "**Fishing 4 Biodiversity**"- **Biodiversità dei corpi idrici appenninici e padani: monitoraggio, caratterizzazione e conservazione attraverso il coinvolgimento dei cittadini** (NBFC_S8P1_0067) (*CUP_D83B23000220006), co-*finanziato con fondi del *Programma di ricerca "National Biodiversity Future Center (NBFC)" a valere sulle risorse del Piano Nazionale Ripresa e Resilienza (PNRR).*

Il progetto proposto e gestito dall'**Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità Emilia Centrale,** prevedeva la realizzazione di una serie di attività di ricerca e monitoraggio per l'implementazione delle conoscenze relative alla biodiversità faunistica in alcuni corsi d'acqua appenninici e nei fontanili di pianura ricadenti nei siti Rete Natura 2000 del territorio reggiano.

Un'azione specifica è stata inoltre dedicata al coinvolgimento attivo nella ricerca di cittadini, associazioni di volontariato, amministrazioni al fine di attivare un processo di "Citizen Science" per il monitoraggio sentinella di alcuni corsi d'acqua "minori", veri e propri "hot-spot" di biodiversità con un elevato valore conservazionistico. Per approfondimenti: www.parchiemiliacentrale.it

A cura di

Bruna Gumiero PhD in Ecology (Osservatorio Citizen Science; Università di Bologna – Alma Mater Studiorum)

Francesco Di Grazia PhD Environmental Chemistry (Osservatorio Citizen Science; Università di Siena)

LA CITIZEN SCIENCE (CS)

La Citizen Science, ovvero la partecipazione attiva dei cittadini alla ricerca e al monitoraggio scientifico, sta diventando sempre più popolare e supportata dalle politiche nazionali ed europee. Coinvolgendo persone di tutte le età, dalle scuole ai pensionati, la Citizen Science permette una collaborazione con ricercatori e autorità locali per creare nuova conoscenza e monitorare il territorio in attività a lungo termine. Gli studenti/cittadini, vivendo sul territorio, possono effettuare monitoraggi più frequenti e mirati, contribuendo in modo efficiente ad individuare potenziali situazioni a rischio o aree di valore da proteggere. Per questo motivo il monitoraggio nei progetti di Citizen Science viene spesso definito come "**Monitoraggio Sentinella".**

Partecipando a un percorso completo di Citizen Science, che include formazione, raccolta dati e restituzione dei risultati, i cittadini/studenti non solo acquisiscono nuove conoscenze scientifiche sul territorio i cui vivono, ma imparano anche a interpretare meglio i dati, creando un rapporto di collaborazione con le autorità e contribuendo a ridurre eventuali conflitti.

Figure 1 Formazione sul campo del dott. Francesco Di Grazia ad una classe della scuola Majorana di San Lazzaro di Savena (BO)

LA CS NEGLI ECOSISTEMI D'ACQUA DOLCE

La Citizen Science negli ecosistemi di acqua dolce offre un valido strumento per supportare: sia gli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque (WFD) dell'UE sia gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite, coinvolgendo il pubblico nella raccolta dati per monitorare la qualità dell'acqua, l'inquinamento batteriologico, la biodiversità etc.

Molteplici sono le opportunità e i benefici dei progetti di Citizen Science negli ecosistemi d'acqua dolce: di seguito elenchiamo i principali.

Opportunità:

- Progetti di monitoraggio rapido in fiumi, corsi d'acqua minori, laghi e zone umide, con protocolli semplici per partecipanti non esperti.
- Co-gestione e stewardship: coinvolgimento di comunità locali, pescatori, associazioni di protezione ambientale e scuole in strategie di protezione delle acque.
- Raccolta dati per progetti di riqualificazione ecologica: elementi per pianificare interventi di rinaturalizzazione, riforestazione ripariale, etc
- Monitoraggio partecipato della qualità dell'acqua: dati utili a comuni, gestori di depuratori ed enti di bacino per valutare interventi di trattamento o miglioramenti infrastrutturali.
- Educazione tecnica specifica: corsi su metodologie di campionamento, identificazione tassonomica e analisi dati legate agli ecosistemi d'acqua dolce.
- Rafforzare l'impegno locale e l'advocacy per la tutela delle risorse idriche, promuovendo azioni politiche e di sensibilizzazione.
- A scala globale i Citizen Scientist possono monitorare migliaia di siti, creando grandi quantità di dati utili per le autorità.
- L'uso di smartphone, sensori e app rende il monitoraggio più preciso, accessibile e facile da svolgere.
- Scuole e università possono integrare progetti di Citizen Science nei programmi STEM, favorendo l'apprendimento pratico.

Benefici della Citizen Science negli ecosistemi di acqua dolce

Beneficio	Descrizione
Supporto al monitoraggio della WFD (2000/60/UE)	La CS permette di integrare le reti ufficiali di monitoraggio con dati aggiuntivi, di effettuare osservazioni più frequenti ed espandere il monitoraggio ad altri ecosistemi, quali le zone umide, o piccoli corsi idrici.
Creazione di sistemi di allerta precoce	La partecipazione della comunità consente di rilevare rapidamente episodi di inquinamento o specie invasive, migliorando la risposta tempestiva.
Condivisione delle conoscenze	Favorisce la trasparenza e la condivisione dei dati attraverso piattaforme aperte, coinvolgendo cittadini, scuole e autorità.
Supporto agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG)	La Citizen Science contribuisce a SDG come l'acqua pulita (SDG 6), la protezione degli ecosistemi (SDG 6.6), la lotta ai cambiamenti climatici (SDG 13), la conservazione della biodiversità (SDG 15) e l'educazione di qualità (SDG 4).
Miglioramento della consapevolezza ambientale	Promuove l'educazione, l'alfabetizzazione scientifica e il pensiero critico tra cittadini e studenti.

Figure 2 Dimostrazione sul campo della prof. Bruna Gumiero ad un gruppo di cittadini.

LA CITIZEN SCIENCE NELLE SCUOLE

I progetti di **Citizen Science (CS)** sono spesso rivolti al grande pubblico o, in alternativa, al mondo scolastico, creando una separazione tra attività educative e coinvolgimento della società nel suo complesso. Integrare invece le scuole di ogni ordine e grado con partner sociali all'interno delle iniziative di CS permette di cogliere vantaggi spesso sottovalutati.

Se davvero si vuole "aprire le scuole" oltre le tradizionali attività outdoor, è necessario sviluppare progetti di **CS intergenerazionali**, capaci di mettere in relazione pensionati, studenti e altri membri della comunità. In questo modo si favorisce la condivisione attiva delle conoscenze e la collaborazione su problemi complessi e reali. Le scuole superiori, in particolare, dispongono di competenze che possono arricchire la raccolta dati e contribuire alla validazione di metodi e strumenti scientifici.

La partecipazione scolastica ai progetti di Citizen Science genera **molteplici benefici**.

- Consente di integrare i programmi scolastici con sfide concrete, come monitorare la qualità di un fiume o valutare l'efficienza di una zona umida.
- Favorisce l'impegno attivo degli studenti e rafforza il senso di responsabilità verso l'ambiente in cui vivono.
- Fornisce ai giovani competenze trasversali utili per il futuro, preparando cittadini più consapevoli e capaci di partecipare in maniera critica e costruttiva alla vita democratica.

Le scuole diventano così veri e propri **laboratori di innovazione e collaborazione**, in cui studenti, insegnanti e comunità lavorano insieme per la tutela del territorio. Queste esperienze non solo rafforzano la fiducia dei giovani nella scienza, ma creano anche legami più solidi tra scuola, famiglie e realtà locali.

Inoltre, la CS permette agli studenti di contribuire a **ricerche scientifiche concrete**, sviluppando competenze chiave come l'uso delle tecnologie digitali, il pensiero critico e il problem solving. Fin dalla scuola primaria, queste esperienze stimolano curiosità, creatività e senso di partecipazione, aprendo la strada a una cittadinanza attiva e a una gestione più sostenibile dell'ambiente

Citizen Science (CS) nelle scuole primarie e secondarie di primo grado: opportunità e benefici

La **Citizen Science** offre agli studenti più giovani un modo divertente e coinvolgente per esplorare l'ambiente, imparare facendo e sviluppare competenze utili per la vita.

Imparare facendo: Attraverso attività di monitoraggio e raccolta dati – ad esempio sulla qualità dell'acqua, sugli insetti, sugli uccelli o sulle piante – i bambini capiscono che il loro contributo fa parte di una ricerca reale. Questo li rende **orgogliosi, motivati e più vicini alla scienza**.

Competenze in azione: Osservare la natura, registrare informazioni o usare semplici strumenti digitali aiuta gli studenti a migliorare il **pensiero critico, il lavoro di squadra e la comunicazione**.

Consapevolezza ambientale: Partecipare a progetti legati alla natura insegna a prendersi cura del proprio territorio. Misurare la qualità dell'acqua o analizzare i macroinvertebrati fluviali aiuta i ragazzi a capire le connessioni tra gli esseri viventi e l'importanza di proteggere il pianeta.

Un approccio interdisciplinare: La CS non riguarda solo le scienze: può intrecciarsi con italiano, matematica, arte e tecnologia. I bambini possono scrivere racconti, realizzare grafici o rappresentazioni creative dei loro risultati, applicando le conoscenze scolastiche in modo concreto.

Accessibilità per tutti: La Citizen Science è **inclusiva e a basso costo**: non richiede strumenti complessi e permette a studenti di ogni livello di sentirsi veri scienziati.

Valorizzare i risultati: Alla fine delle attività è importante riconoscere il lavoro svolto: certificati, presentazioni aperte al pubblico o la condivisione con altre classi rendono l'esperienza ancora più significativa.

In breve, la **Citizen Science porta la scienza in classe**, stimola la curiosità e rende l'apprendimento vivo, concreto e condiviso.

La Citizen Science (CS) nelle scuole secondarie di secondo grado: opportunità e benefici

La **Citizen Science** arricchisce l'istruzione superiore, offrendo agli studenti la possibilità di partecipare attivamente a vere ricerche scientifiche e di affrontare **problemi concreti** del mondo reale. Attraverso la raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati, l'apprendimento diventa un'esperienza interattiva che sviluppa competenze fondamentali come **pensiero critico, collaborazione e responsabilità sociale**.

Opportunità di ricerca. Gli studenti possono contribuire a progetti legati a:

- biodiversità locale,
- monitoraggio del clima,
- controllo dell'inquinamento.

In questo modo partecipano a **indagini scientifiche autentiche**, sperimentando il metodo scientifico in contesti concreti e rilevanti.

Figura 3 Attività di Laboratorio di studenti di scuola Secondaria di secondo grado

Competenze chiave. La CS favorisce lo sviluppo di abilità essenziali per il futuro:

- pensiero critico e problem solving,
- collaborazione e comunicazione,
- alfabetizzazione digitale e data literacy.

Queste competenze sono preziose non solo per la vita quotidiana e il percorso accademico, ma anche per le carriere nei settori **STEM (scienza, tecnologia, ingegneria e matematica)**.

Inclusività e accessibilità. La partecipazione a progetti di CS è **aperta a tutti**: non richiede strumenti avanzati né conoscenze pregresse. Ogni studente, indipendentemente dal livello di partenza, può contribuire in modo significativo e sentirsi parte della comunità scientifica.

Un supporto per i docenti. Per gli insegnanti, la CS rappresenta una risorsa flessibile e facilmente integrabile nel curriculum. Può essere applicata non solo nelle scienze e nella geografia, ma anche in discipline come lingue, arte e tecnologia, offrendo un contesto autentico per insegnare il metodo scientifico e dare vita ai concetti studiati in classe

Peer Education e Apprendimento Cooperativo

La **peer education** rappresenta un valore aggiunto nelle attività di Citizen Science (CS) a scuola: gli studenti più esperti, grandi o autonomi assumono un ruolo di guida, affiancando i compagni durante le attività. Questo approccio non solo rafforza la motivazione individuale e il senso di responsabilità, ma favorisce anche un **clima inclusivo**, in cui ognuno può dare il proprio contributo.

Durante i monitoraggi sul campo o in laboratorio – ad esempio nella lettura dei dati, nell'identificazione dei macroinvertebrati o nella delimitazione dei transetti della vegetazione – la cooperazione tra gruppi eterogenei avviene in modo naturale. Gli studenti più abili possono aiutare i compagni a compilare schede, usare strumenti o riconoscere organismi, diventando **facilitatori di conoscenza** in un contesto partecipativo e informale.

Questa modalità porta benefici a tutti:

1. rafforza motivazione e senso di responsabilità;
2. stimola il pensiero critico e la capacità di spiegare concetti con parole proprie;
3. promuove collaborazione e inclusione, valorizzando anche gli studenti con maggiori difficoltà.

La peer education può inoltre andare **oltre il gruppo classe**, trasformando gli studenti in **ambasciatori ambientali**: giovani capaci di condividere quanto appreso con altre classi o altre scuole, con le famiglie e con la cittadinanza. In questo modo la scuola non è solo luogo di apprendimento, ma diventa un **centro attivo di cittadinanza scientifica**, in grado di diffondere consapevolezza e stimolare la partecipazione nel territorio.

La **peer education tra scuole** permette ad esempio agli studenti delle superiori di affiancare i ragazzi delle medie in attività di Citizen Science, favorendo un apprendimento reciproco e intergenerazionale. In questo scambio, i più grandi diventano **mentori e modelli positivi**, mentre i più giovani trovano sostegno, motivazione e l'opportunità di avvicinarsi alla scienza con maggiore curiosità e fiducia.

Figura 4 – Attività di Peer education tra studenti di Scuola superiore di secondo grado "Scuola Majorana" e studenti delle medie al parco dei Cedri di San Lazzaro di Savena (BO).

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Ogni attività di CS prevede la raccolta di dati ambientali secondo un protocollo specifico. Questo garantisce che le informazioni raccolte siano affidabili, comparabili e utili alla ricerca. I protocolli forniscono istruzioni chiare su:

1. strumenti da utilizzare;
2. modalità di campionamento;
3. frequenza di campionamento;
4. norme di sicurezza;
5. modalità di invio dei dati.

Le attività proposte possono essere adattate al grado scolastico della classe, con il supporto di materiali didattici specifici e il supporto di esperti del settore.

Monitoraggio della qualità dell'acqua

Parametri base come **conducibilità, pH** sono utili perché ogni corpo idrico ha valori specifici che lo caratterizzano e quindi variazioni repentine rispetto ad un range "tipico" indicano che si sta verificando una qualche anomalia "perturbazione" nel sistema. Per questo parametro vengono utilizzati strumenti lowcost come cartine al tornasole o piccole sonde.

Tra i parametri principali oggetto di analisi rientrano: la torbidità, i **nitrati NO_3^- e i fosfati PO_4^{3-}**. I nitrati e i fosfati sono due nutrienti fondamentali per le piante e le alghe ma che**, in eccesso, possono favorire una crescita incontrollata di alghe e causare fenomeni di eutrofizzazione compromettendo gli ecosistemi acquatici con conseguente moria di pesci a causa della mancanza di ossigeno dovuto all'elevata decomposizione.**

I **nitrati (NO_3^-)** (parametro dell'LIMeco nella Direttiva Acque 2000/60/UE) sono altamente solubili e mobili, seguono i flussi idrici superficiali e sotterranei. La lisciviazione, soprattutto dopo precipitazioni o irrigazioni, è una delle principali fonti di inquinamento, influenzata anche da fattori idrogeologici, stagionali e antropici. Agricoltura e zootecnia sono le fonti diffuse più significative di nitrati. L'uso intensivo di fertilizzanti azotati chimici e organici, così come gli effluenti da allevamenti intensivi e la gestione dei fanghi, immette grandi quantità di azoto nell'ambiente, che poi vengono dilavati nei corpi idrici. Tra le fonti puntuali possiamo considerare gli scarichi civili, alcune attività industriali.

L'eccesso di **Fosfati ($PO4_3^-$)** nelle acque superficiali deriva principalmente da scarichi non trattati e fertilizzanti agricoli. A differenza dei nitrati, si legano alle particelle del suolo e si muovono soprattutto con l'erosione superficiale causata dal ruscellamento.

La torbidità in acque libere può essere dovuta alla crescita di fitoplancton o a sedimenti minerali. È favorita da deforestazione della fascia riparia, agricoltura intensiva, edilizia, erosione delle sponde e urbanizzazione. Elevata torbidità non solo degrada gli ecosistemi, ma rende più difficile la disinfezione dell'acqua potabile, aumentando il rischio sanitario. Nell'acqua potabile, maggiore è il livello di torbidità, maggiore è il rischio che le persone possano sviluppare malattie gastrointestinali. Ciò è particolarmente problematico per le persone immuno-compromesse, perché contaminanti come virus o batteri possono adsorbirsi ai solidi sospesi. I solidi sospesi interferiscono con la disinfezione dell'acqua, cioè con il cloro perché le particelle fungono da schermi per virus e batteri. Allo stesso modo, i solidi sospesi possono proteggere i batteri dalla sterilizzazione dell'acqua a raggi ultravioletti (UV).

Per nitrati, fosfati e torbidità si utilizzano le metodiche e gli strumenti del programma **FreshWater Watch** (www.osservatoriocitizenscience.org)

Obiettivo educativo

1. Sensibilizzare gli studenti sull'importanza della qualità delle acque dolci per gli ecosistemi e per la salute umana.
2. Introdurre strumenti e protocolli scientifici di monitoraggio
3. Promuovere la **cittadinanza scientifica attiva** e la partecipazione alla raccolta di dati ambientali utili per la ricerca.
4. Stimolare l'interesse per la chimica ambientale, l'ecologia e per l'analisi dei fenomeni legati all'inquinamento diffuso e alle sue cause (es. L'Eutrofizzazione).

Materiale

Sul sito dell'**Osservatorio Citizen Science** sono presenti materiali e video dedicati all'attività FWW. https://www.osservatoriocitizenscience.org/home/cosa-facciamo_ocs/qualita-delle-acque-dolci-1/ .

Il **kit FreshWater Watch** comprende:

1. Provette per test su nitrati e fosfati.
2. Scale colorimetriche per valutarne le concentrazioni.
3. Cuvetta per i campioni d'acqua.
4. Tubo di Secchi per misurare la torbidità.
5. Guanti monouso.
6. Scheda di monitoraggio.

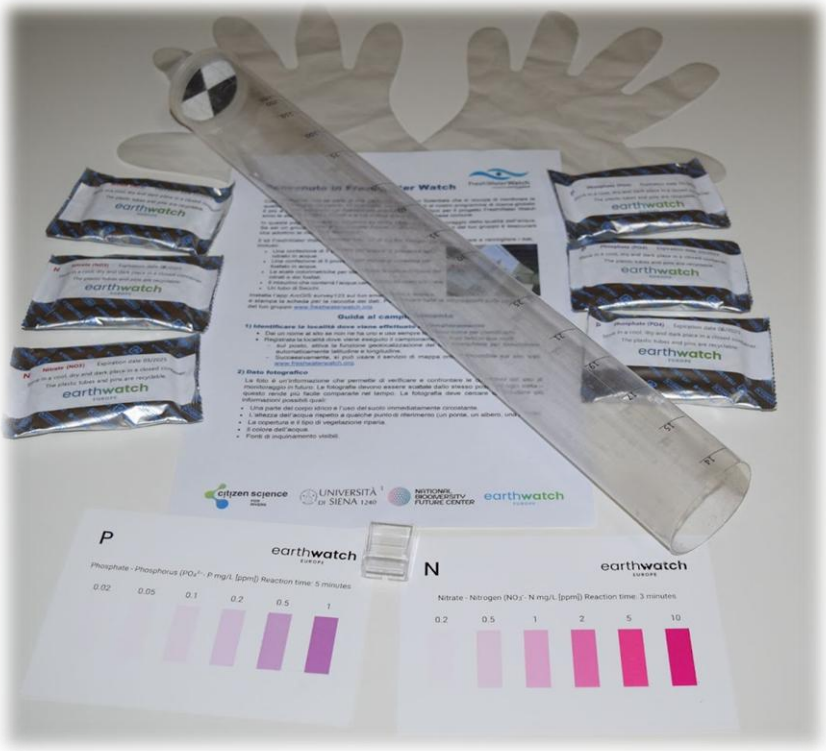

Figure 5- Composizione del kit di FWW.

In aggiunta sul sito dell'Osservatorio di Citizen Science, sono disponibili:

1. una brochure illustrativa con informazioni utili sulla sicurezza del Citizen Scientist e istruzioni per il campionamento;
2. Video dimostrativi;
3. Accesso alla piattaforma FWW e all'app Survey ArcGIS 123.

È consigliato dotarsi di un campionatore (es. bottiglia su asta o secchio con corda) e stampare le schede cartacee in caso di impossibilità a usare l'app (i dati dovranno comunque essere caricati online), accedendo nell'apposita sezione del sito internet https://www.freshwaterwatch.org/.

Le Fasi del Protocollo FWW

1. Formazione in aula

Introduzione su fiumi, nutrienti e inquinanti, con visione di video didattici. Spiegazione del kit e della metodologia FWW, che permette di confrontare i dati a livello internazionale. Questa introduzione ha lo scopo di far comprendere il contesto internazionale del progetto e il valore della partecipazione attiva nella tutela ambientale. Affrontare il tema dell'acqua come risorsa essenziale per la vita sul pianeta e per il benessere umano. Si sottolinea l'importanza della sua salvaguardia e il ruolo che ogni cittadino può svolgere, attraverso il monitoraggio, per contribuire alla protezione degli ecosistemi acquatici.

2. Formazione sul campo

Con il supporto di insegnanti ed esperti (che può essere lo stesso insegnante), gli studenti prelevano campioni in sicurezza, compilano la scheda ambientale/ecologica tramite ArcGIS Survey123 e svolgono analisi colorimetriche su nitrati e fosfati, oltre a misurare la torbidità con il tubo di Secch Come strumento di campionamento sarà sufficiente utilizzare un recipiente di plastica collegato ad un'asta che permetterà di effettuare il campionamento in sicurezza senza dover entrare dentro al fiume. Le analisi avvengono attraverso provette di plastica, dove un volume fisso d'acqua viene miscelato con reagenti, producendo variazioni di colore direttamente proporzionali alla concentrazione (assorbimento massimo a 540 nm). Questo metodo, semplice e a basso costo, permette di classificare i campioni in intervalli di concentrazione. Inoltre, misurano il livello di torbidità dell'acqua tramite il tubo di Secchi.

3. Frequenza di monitoraggio

Mensile (o almeno stagionale) condotta dal docente con gli studenti.

4. Restituzione dei risultati

- Elaborazione e confronto dei dati (tra siti o periodi diversi).
- Discussione in classe delle cause e delle implicazioni ambientali/sanitarie.
- Condivisione dei risultati con altre classi, famiglie, comunità ed enti locali

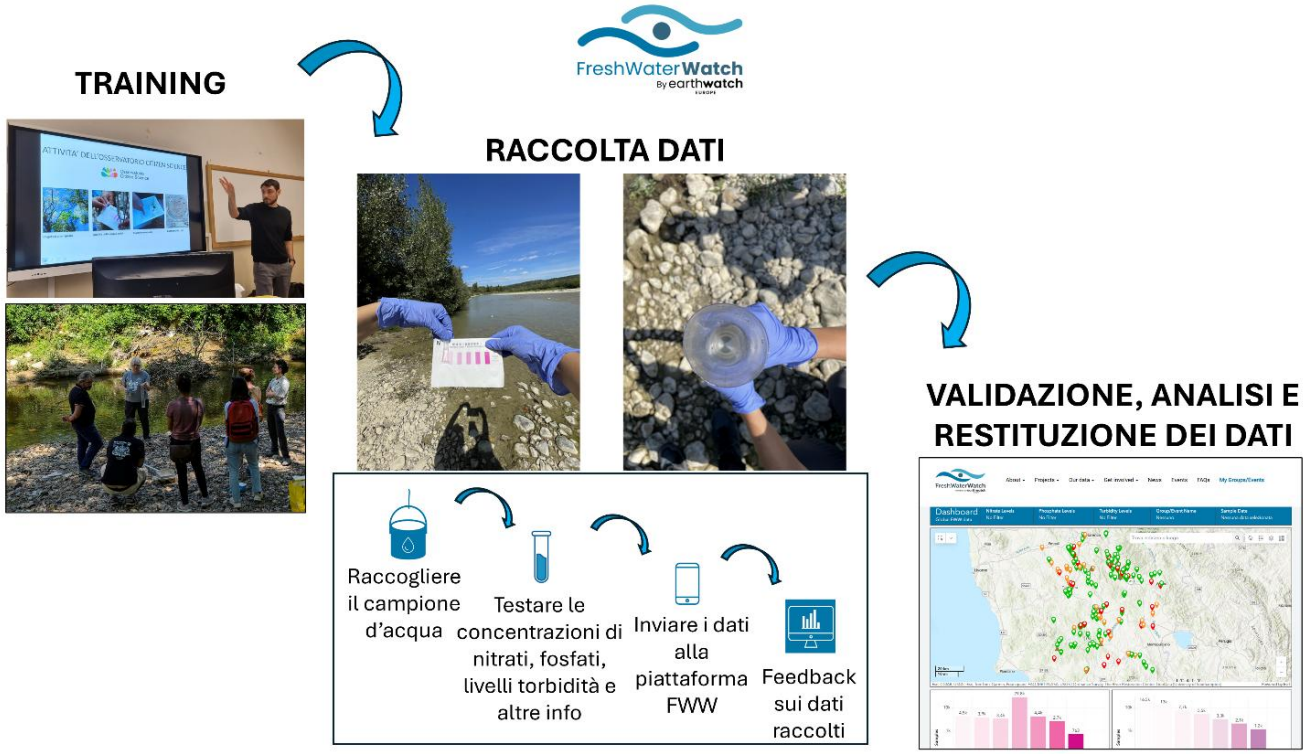

Figure 6 – Le fasi del protocollo di FreshWater Watch

Suggeriamo di seguito alcuni **collegamenti interdisciplinari e temi** per l'attività di monitoraggio della qualità chimica dell'acqua (FreshWater Watch), con indicati i livelli scolastici più idonei: Scuole Primarie (SP), Scuole Secondarie di Primo Grado (SSPG), Scuole Secondario di Secondo Grado (SSSG).

Scuola Primaria (SP) e Scuola Secondaria di Primo Grado (SSPG)

Scienze:

1. L'acqua come risorsa: proprietà, ciclo dell'acqua, uso quotidiano (**SP**).
2. Introduzione alla biodiversità acquatica (**SP**).
3. Cause base dell'inquinamento visibile e invisibile (es. plastica, schiuma, torbidità) (**SP**).
4. Composizione dell'acqua e presenza di sostanze chimiche (nitrati, fosfati) (**SSPG**).
5. Concetto di ecosistema fluviale e impatto dell'inquinamento (Es. Eutrofizzazione) (**SSPG**).
6. Importanza della qualità dell'acqua per piante, animali e uomo (**SSPG**).

Educazione Civica / Ambientale:

1. Rispetto dell'ambiente e comportamenti corretti per la tutela dell'acqua. **(SP)**
2. Il fiume come elemento del territorio. **(SP)**
3. Acqua come bene comune, diritti ambientali (**SSPG**)..
4. Inquinamento da agricoltura e urbanizzazione (**SSPG**)..

Arte / Tecnologia:

1. Costruzione di strumenti per il campionamento dell'acqua **(SP + SSPG)**.
2. Uso guidato e sicuro di oggetti semplici (provette, contenitori) **(SP)**.
3. Uso del kit di analisi e interpretazione dei colori. (**SSPG**)..
4. Introduzione all'utilizzo dell'app Survey123 (**SSPG**)..

Matematica:

1. Conta e confronto tra risultati (es. colore + legenda)) **(SP)**..
2. Concetti base di misurazione (più/meno torbido, scala colorimetrica)) **(SP)**..
3. Lettura di scale numeriche e intervalli di concentrazione (mg/L) **SSPG**.
4. Rappresentazione dei dati in grafici o tabelle **SSPG**.

Scuola Secondaria di Secondo Grado

Scienze Naturali / Chimica:

1. Reazioni chimiche coinvolte nei test colorimetrici.
2. Nitrati e fosfati come nutrienti e inquinanti.
3. Concetto di eutrofizzazione e fioriture algali.

Scienze della Terra / Ecologia:

1. Qualità delle acque interne, correlazione con il clima e l'uso del suolo.
2. Relazione tra torbidità e presenza di sedimenti/inquinanti.

Educazione Civica / Scienze Umane:

1. Impatti ambientali e sociali dell'inquinamento idrico.
2. Gestione sostenibile delle risorse idriche.

Informatica:

1. Utilizzo/sviluppo di app per la raccolta dati georeferenziati.
2. Uso di piattaforme online per la condivisione scientifica (FreshWater Watch).

Matematica / Statistica:

1. Rielaborazione statistica dei dati raccolti.
2. Costruzione di grafici comparativi e analisi di tendenze stagionali o geografiche.

Figura 7 – Misurazioni di Nitrati e Fosfati con il Kit FWW

Monitoraggio batteriologico delle acque superficiali

Monitoraggio di Escherichia coli. Sebbene la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60 non preveda più l'obbligo di monitoraggio dell'*Escherichia coli*, questo batterio rimane un indicatore fondamentale di inquinamento organico e, in particolare, di contaminazione fecale recente. La sua presenza è spesso associata a scarichi fognari diretti nei corsi d'acqua o al funzionamento degli scolmatori durante intense precipitazioni. L'*E. coli* è una specie composta da numerosi ceppi, di cui solo alcuni patogeni; tuttavia, la sua individuazione rappresenta un ottimo indicatore biologico di inquinamento.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati metodi e kit dedicati anche alla **Citizen Science**, ma le analisi microbiologiche richiedono comunque un livello di competenza e impegno superiore rispetto ai monitoraggi chimico-fisici di base. Uno dei kit più affidabili per attività didattiche è il **Compact Dry EC** (HyServe), che consente di rilevare *E. coli* e Coliformi fecali.

N.B. Questa attività è pensata esclusivamente per le Scuole secondarie di Secondo grado

Obiettivo educativo

1. Comprendere cosa sono i batteri fecali e perché la loro presenza nei fiumi è indice di inquinamento organico recente.
2. Acquisire familiarità con le tecniche di base per l'analisi microbiologica dell'acqua.
3. Riconoscere le principali fonti di inquinamento (es. scarichi fognari, scolmatori) e la loro relazione con eventi meteorologici.
4. Stimolare la riflessione sulla qualità dell'ambiente e sulla gestione sostenibile delle acque.
5. Promuovere attenzione verso la sicurezza e la corretta manipolazione dei materiali biologici.

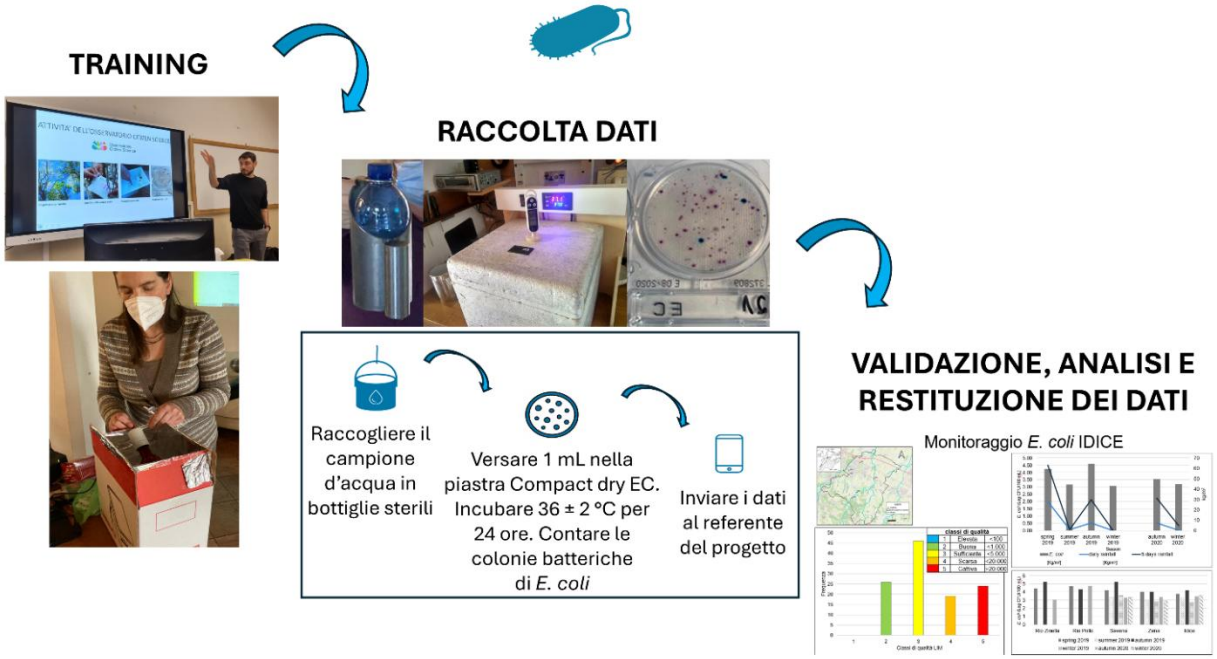

Figura 8 - Le fasi del protocollo per il monitoraggio di Escherichia coli

Fasi del protocollo di analisi: *Escherichia coli*

1. Formazione in aula

1. Introduzione al concetto di inquinamento fecale e agli indicatori microbiologici.
2. Spiegazione del ruolo e della rilevanza sanitaria dell'*E. coli*.
3. Presentazione del kit Compact Dry EC e delle norme di sicurezza.
4. Simulazione delle fasi di prelievo e analisi con pipette e siringhe sterili

2. Formazione in campo

1. Scelta di un sito di campionamento sicuro lungo il fiume o torrente. Possibilmente facendo due prelievi uno a monte e uno a valle della possibile sorgente di inquinamento.
2. Raccolta del campione d'acqua in contenitori sterili, evitando contaminazioni.
3. Etichettatura conservazione dei campioni in borsa frigo fino all'analisi

3. Attività di laboratorio

1. Trasferimento di 1 mL di campione (diluito se necessario) sulla piastra Compact Dry EC.
2. Attendere la distribuzione del liquido sulla membrana cromogena.
3. Incubazione delle piastre, capovolte, per 24 ± 4 ore a 36 ± 2 °C.
4. Conteggio delle colonie blu (*E. coli*).

4. Attività di monitoraggio con gli studenti

L'attività viene condotta dal docente con il supporto della classe

5. Restituzione dei risultati

1. Registrazione dei dati su tabelle o schede standard.
2. Confronto tra diversi siti o periodi (es. prima e dopo le piogge).
3. Discussione in classe sulle cause e implicazioni dei risultati.
4. Condivisione con altre classi, famiglie, comunità ed enti locali

Materiali necessari

Contenitori sterili (bottigliette da 0,5 L in PET).

Piastre Compact Dry EC (HyServe).

Incubatore autocostruito (cartone, polistirolo) o incubatore per uova.

Frequenza consigliata: Stagionale o in concomitanza con eventi meteorologici significativi (es. forti piogge).

Suggeriamo alcuni collegamenti interdisciplinari e temi per l'attività di monitoraggio batteriologico dell'*Escherichia coli*.

Scuola Secondaria di Secondo Grado

Scienze Naturali / Biologia:

1. Struttura e funzione dell'*Escherichia coli*, distinzione tra ceppi patogeni e non.
2. Indicatori microbiologici e standard di qualità dell'acqua.
3. Metodi di rilevamento microbiologico (colture, piastre cromogeniche).

Chimica / Scienze della Terra:

1. Principi di campionamento e diluizione.
2. Relazione tra contaminanti, matrici ambientali e reazioni chimico-biologiche.

Educazione Civica / Scienze Sociali:

1. Impatto degli scarichi fognari e delle infrastrutture urbane sulla salute pubblica.
2. Analisi dei sistemi di gestione delle acque reflue.

Tecnologie Sanitarie / Ambientali (istituti tecnici e professionali):

1. Procedure corrette di manipolazione dei campioni.
2. Lettura e interpretazione delle piastre Compact Dry EC.

Matematica:

1. Analisi dei dati raccolti (conteggio, stima, media, deviazione standard).
2. Interpretazione statistica dei risultati e confronti tra siti o stagioni.

L'Escherichia coli nella Legislazione - Balneazione

L'**Escherichia coli** (E. coli) è un batterio utilizzato come indicatore primario di contaminazione fecale nelle acque destinate alla balneazione. La normativa italiana che disciplina la qualità di queste acque è il **Decreto Legislativo 30 maggio 2008, n. 116**, che recepisce la Direttiva Europea 2006/7/CE. Successivamente, il **Decreto Ministeriale 30 marzo 2010** ha fornito ulteriori specifiche operative. arpacal.it

Secondo questa normativa, i parametri microbiologici da monitorare per valutare la qualità delle acque di balneazione sono:

- **Enterococchi intestinali**: limite di 200 MPN/100 ml per le acque marine.
- **Escherichia coli**: limite di 500 MPN/100 ml per le acque marine.

Per le acque interne (fiumi e laghi), i limiti sono più elevati:

- **Enterococchi intestinali**: limite di 500 MPN/100 ml.
- **Escherichia coli**: limite di 1.000 MPN/100 ml.

Il superamento di questi limiti comporta l'adozione di misure di gestione, tra cui il divieto temporaneo di balneazione, fino al ripristino dei valori conformi. pnes.salute.gov.it

Le autorità competenti effettuano monitoraggi periodici durante la stagione balneare, con frequenza almeno mensile, per garantire la sicurezza dei bagnanti e la tutela della salute pubblica. snpambiente.it

In sintesi, la presenza di Escherichia coli oltre i limiti stabiliti dalla normativa indica una contaminazione fecale, rappresentando un potenziale rischio per la salute dei bagnanti e richiedendo interventi immediati per garantire la sicurezza delle acque di balneazione

Monitoraggio della comunità macrobentonica dei fiumi

Il monitoraggio della comunità macrobentonica dei fiumi verrà realizzato mediante un nuovo metodo di **Indice Biotico Semplificato (IBS),** derivato dall'IBE e sviluppato per la prima volta in Italia all'interno del progetto PNRR CS4Rivers **(https://www.cs4rivers.unisi.it/).**

I **macroinvertebrati bentonici** sono piccoli organismi visibili a occhio nudo (di dimensioni superiori al millimetro) che vivono nei sedimenti o all'interfaccia acqua-sedimento. Per le loro caratteristiche ecologiche sono considerati ottimi **bioindicatori**:

- hanno scarsa mobilità, quindi riflettono le condizioni locali del corso d'acqua;
- presentano cicli vitali lunghi, capaci di integrare gli effetti dell'inquinamento nel tempo;
- includono gruppi con diversa sensibilità agli impatti ambientali;
- svolgono molteplici ruoli nella rete trofica;
- sono diffusi, facilmente campionabili e riconoscibili con metodi semplificati.

Oltre al loro valore come indicatori biologici, i macroinvertebrati hanno un ruolo ecologico fondamentale: partecipano alla **decomposizione della sostanza organica** e costituiscono una risorsa alimentare per numerose specie ittiche. La stretta connessione tra comunità bentonica e ambiente li rende testimoni affidabili delle condizioni ecologiche presenti e passate.

Le informazioni fornite da questi organismi sono **complementari** a quelle dei parametri chimici: mentre i dati chimici evidenziano la presenza e la dinamica delle sostanze inquinanti, i dati biologici mostrano l'effetto integrato di tali pressioni sugli organismi viventi

Obiettivi educativi

1. Introdurre gli studenti allo studio della biodiversità acquatica tramite l'osservazione diretta dei macroinvertebrati.
2. Comprendere il concetto di bioindicatore e la sua applicazione nella valutazione della qualità ecologica di un corso d'acqua.
3. Sviluppare competenze di classificazione biologica, osservazione sistematica e raccolta dati in campo.
4. Riflettere sulla presenza o assenza di determinati organismi e l'impatto delle attività umane sull'ambiente fluviale.

Materiale

1. Retino, vaschette, pinzette, pipette;
2. Schede di monitoraggio;
3. Scheda cartacea per l'indice biotico semplificato;
4. Stivali per entrare in acqua;
5. Supporto di un esperto se necessario.

Fasi del protocollo per il monitoraggio dei macroinvertebrati fluviali

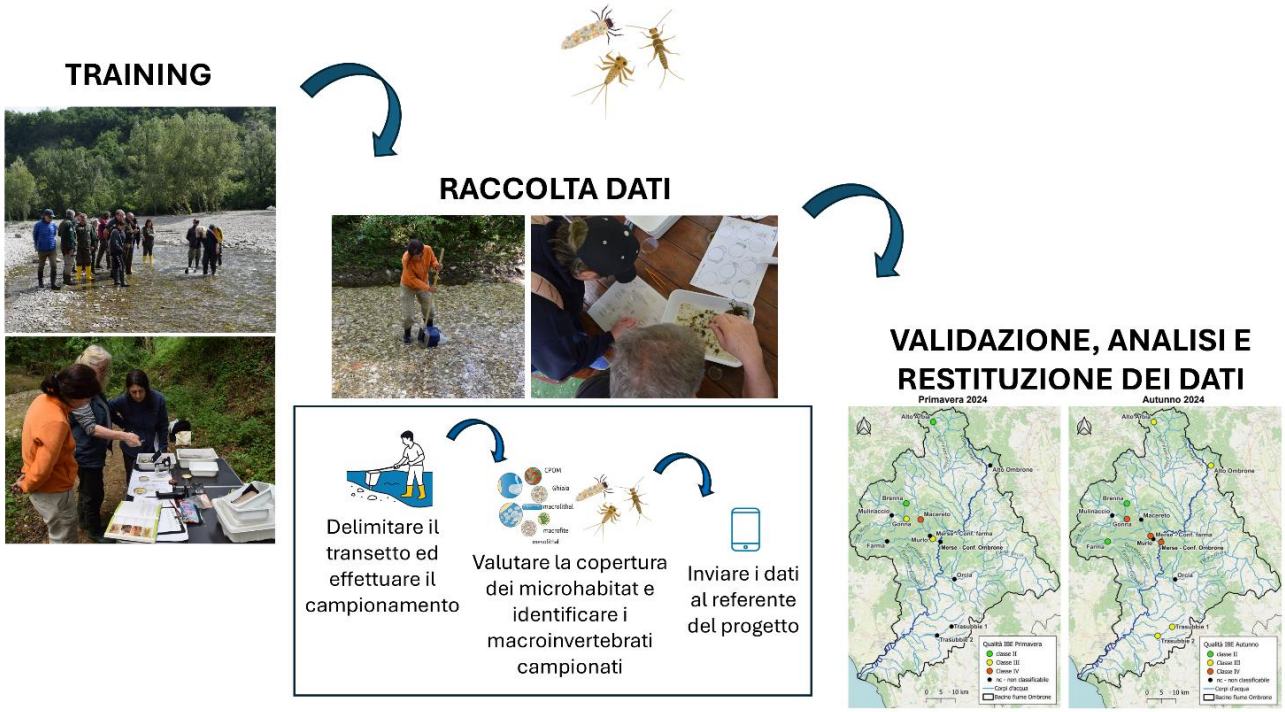

Figura 9 - Le fasi del protocollo di IBS: monitoraggio dei macroinvertebrati fluviali

1 - Formazione in aula

- Introduzione al concetto di bioindicatore e al ruolo ecologico dei macroinvertebrati.
- Presentazione delle principali famiglie target (es. Plecotteri, Efemerotteri, Tricotteri, Chironomidi, ecc.).
- Spiegazione della scheda di campo e dell'Indice Biotico Semplificato (IBS).
- Utilizzo di immagini e schede illustrate per il riconoscimento degli organismi.

2 - Formazione sul campo

1. Scelta di un tratto di fiume guadabile, con acqua non oltre il ginocchio e portata continua.
2. Delimitazione del tratto da campionare (10–50 metri) e identificazione dei microhabitat presenti.
3. Compilazione scheda da campo
4. Campionamento con retino camminando controcorrente, da una sponda all'altra, disegnato una V, smuovendo i sedimenti e pulendo i ciottoli.

Le fasi seguenti posso essere svolte sia **sul posto o in laboratorio**, se la scuola si trova nei pressi del sito di monitoraggio:

5. Raccolta del materiale dal retino e trasferimento in un secchiello per il trasporto.
6. Svuotamento del campione in vaschette bianche.
7. Separazione degli organismi dal sedimento con pinzette e pipette.
8. Osservazione e identificazione con guide illustrate semplificate.
9. Compilazione della scheda IBS, attribuendo un punteggio in base ai gruppi rilevati

3. Attività di monitoraggio condotta in autonomia dal docente con gli studenti.

4. Condivisione dei risultati

1. Confronto dei dati raccolti tra i gruppi di studenti.
2. Discussione collettiva sui livelli di qualità ecologica del fiume.
3. Riflessione sul rapporto tra biodiversità e pressioni antropiche (scarichi, agricoltura, urbanizzazione).
4. Condivisione dei dati con altre classi, famiglie, comunità ed enti locali

Frequenza consigliata: Due monitoraggi all'anno: **uno in primavera** e **uno in autunno**, per cogliere eventuali variazioni stagionali nella comunità bentonica.

Suggeriamo di seguito alcuni **collegamenti interdisciplinari e temi** per l'attività di monitoraggio della qualità chimica dell'acqua (FreshWater Watch), con indicati i livelli scolastici più idonei: Scuole Primarie (SP), Scuole Secondarie di Primo Grado (SSPG), Scuole Secondario di Secondo Grado (SSSG).

Scuola Primaria (SP) e Scuola Secondaria di Primo Grado (SSPG)

Scienze:

1. Conoscenza degli animali piccoli e nascosti nei fiumi (invertebrati). **(SP)**
2. Ciclo della vita, habitat e adattamenti. **(SP)**
3. Introduzione al concetto di biodiversità e catena alimentare. **(SP + SSPG))**
4. Classificazione base degli invertebrati acquatici. **(SSPG)**
5. Relazione tra presenza di organismi e qualità dell'acqua. **(SSPG)**
6. Concetto di bioindicatore e indice biotico. **(SSPG)**

Educazione Civica / Ambientale:

1. Rispettare la natura e i suoi abitanti. **(SP)**
2. Il fiume come risorsa del territorio. **(SP)**
3. Uso sostenibile dei fiumi e rispetto dell'ambiente. **(SSPG)**
4. Attività umane che influiscono sulla biodiversità fluviale. **(SSPG)**
5. Rapporto dell'uomo con i fiumi. **(SSPG)**

Tecnologia:

1. Costruzione strumenti (retino). **(SP + SSPG))**
2. Osservazione e confronto visivo tra organismi. **(SP + SSPG))**
3. Compilazione della scheda dell'indice biotico semplificato. **(SSPG)**

Matematica:

1. Conta e confronto di gruppi di organismi. **(SP)**
2. Conteggio per gruppo, classificazione e punteggio. **(SSPG)**
3. Costruzione di grafici e tabelle semplici. **(SSPG)**

Arte:

4. Rappresentazione con disegni.

Scuola Secondaria di Secondo Grado

Scienze Naturali / Biologia:

1. Classificazione zoologica e identificazione dei principali taxa (es. Efemerotteri, Tricotteri, Plecotteri, Chironomidi, ecc.).
2. Concetto di bioindicatore e indice biotico.
3. Relazione tra qualità dell'acqua e composizione della comunità biologica.

Ecologia / Scienze Ambientali:

1. Impatti dell'inquinamento sugli ecosistemi.
2. Dinamiche tra microhabitat e biodiversità.

Educazione Civica / Scienze Umane:

1. Partecipazione attiva alla tutela del territorio.
2. Studio di casi locali (fiumi, aree protette, criticità ambientali).
3. Rapporto dell'uomo con i fiumi.

Tecnologie Ambientali (istituti tecnici e professionali):

1. Utilizzo di strumenti per il monitoraggio biologico.
2. Analisi semiquantitativa e protocolli standard.

Matematica / Statistica:

1. Analisi dei dati biologici.
2. Elaborazione dell'Indice Biotico Semplificato.
3. Rappresentazioni grafiche e confronto tra siti/tempi.

Figura 10 – Attività di monitoraggio dei macroinvertebrati fluviali con le scuole

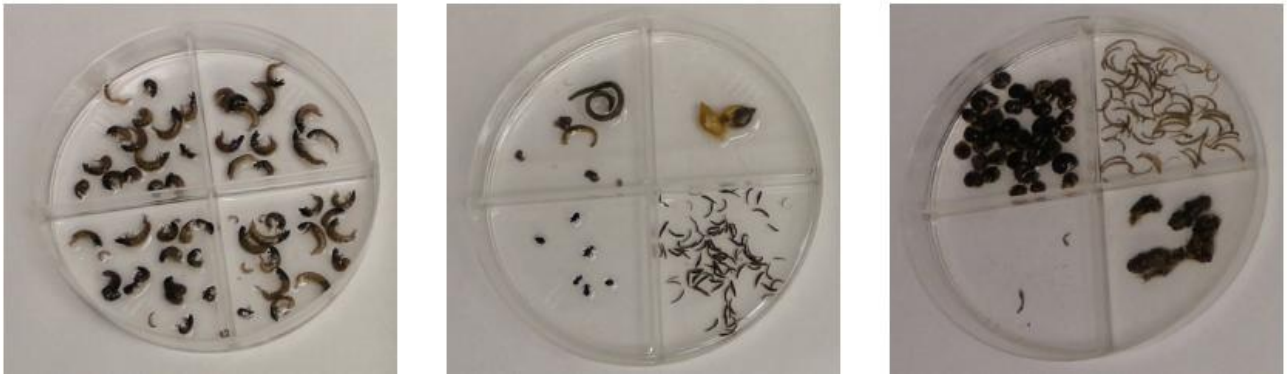

Figura 1 – Separazione (sorting) dei diversi gruppi/famiglie di macroinvertebrati

Monitoraggio della vegetazione riparia

Monitoraggio della vegetazione riparia verrà utilizzato il metodo RiVe sviluppato da Gumiero et al. in collaborazione con ISPRA nazionale (Gumiero et al., 2024) https://www.nnb.isprambiente.it/it/citizen-science/vegetazione-riparia https://www.osservatoriocitizenscience.org/.

Grazie alle peculiari caratteristiche e funzioni della vegetazione riparia, questa porzione di territorio svolge un ruolo cruciale nella fornitura di servizi ecosistemici (SE) di grande valore (Fig. 2), come ampiamente documentato nella letteratura scientifica (Fischer et al., 2019; Riis et al., 2020; Gumiero et al., 2024). Tuttavia, questi ecosistemi sono fortemente minacciati dalle attività antropiche, in particolare nelle pianure alluvionali, dove agricoltura e urbanizzazione esercitano un impatto significativo. Inoltre, una gestione idraulica orientata principalmente alla sicurezza del territorio tende a considerare la vegetazione riparia come un ostacolo piuttosto che come un elemento funzionale dell'ecosistema fluviale. A peggiorare la situazione, interviene l'espansione di specie aliene invasive, il cui insediamento è favorito dagli elevati livelli di disturbo antropico. Questo fenomeno, sempre più diffuso su scala globale, può alterare profondamente le funzioni dell'ecosistema perifluviale, con effetti variabili a seconda delle caratteristiche ecologiche delle specie invasive (Medina-Villar et al., 2015).

La conservazione e la gestione sostenibile della vegetazione riparia risultano dunque essenziali per garantire la resilienza degli ecosistemi fluviali e la fornitura continua di servizi ecosistemici fondamentali per il benessere umano e ambientale. Da qui l'importanza di monitorare la qualità del bosco ripario al fine di conservarlo quando è in buone condizioni o riqualificarlo, se le condizioni lo permettono, ove è degradato o assente. Un monitoraggio efficiente consente di intervenire in modo mirato per preservare la biodiversità e le funzionalità ecologiche di questi habitat, riducendo gli impatti negativi delle attività antropiche e delle specie invasive.

Obiettivo educativo

1. Far conoscere la vegetazione riparia, i suoi adattamenti e al suo ruolo fondamentale negli ecosistemi.
2. Sviluppare competenze di osservazione, riconoscimento e misurazione delle piante attraverso l'esperienza diretta sul campo.

3. Comprendere le **funzioni ecologiche** delle fasce riparie (ombreggiamento, consolidamento sponde, habitat, filtro ecologico, ecc.).
4. Favorire una riflessione critica sul rapporto tra uomo e ambiente, promuovendo comportamenti di tutela e valorizzazione del territorio.

Protocollo di Monitoraggio

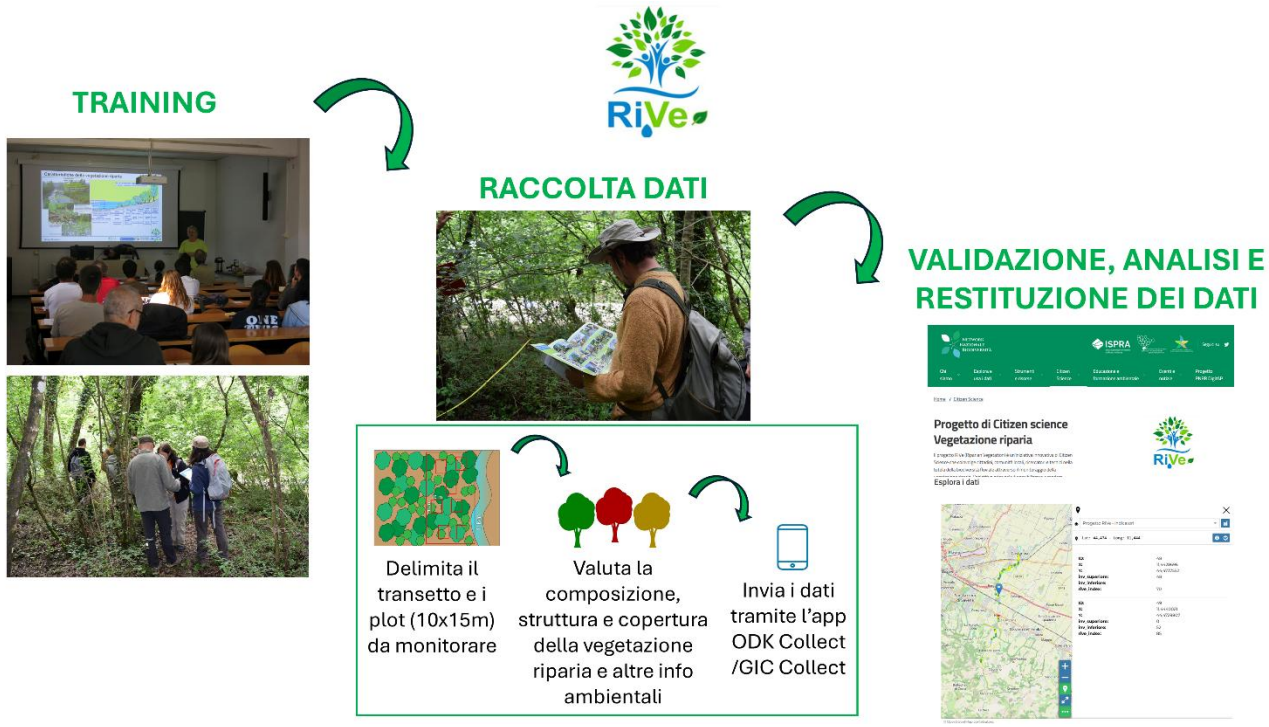

Figura 21 - Le fasi del protocollo di RiVe: monitoraggio della vegetazione Riparia

1. Formazione in aula

1. Introduzione alla vegetazione riparia: **cosa è**, **perché è importante, i servizi ecosistemici** (ombreggiamento, consolidamento sponde, habitat, filtro ecologico, ecc.).
2. Presentazione delle **specie target** da riconoscere (specie igrofile, specie mesofile e specie aliene invasive)
3. Spiegazione della **scheda di monitoraggio**: struttura, copertura, stratificazione delle specie nel bosco ripario.

2 Formazione sul campo

1. Scelta di un tratto di fiume con presenza visibile di vegetazione sulle sponde, facilmente accessibile e sicuro.
2. Identificazione del transetto di 1 km e dei plot (es. 10 per lato, dimensioni 10x15 metri, perpendicolari al fiume).
3. Delimitazione fisica dell'area del plot con rotella metrica e marcatori naturali o temporanei (ad es. con nastro segnaletico bianco e rosso).
4. Osservazione delle specie presenti e determinazione della loro copertura percentuale.
5. Riconoscimento degli strati vegetali (strato > 3m, strato compreso tra 1 e 3 metri, strato rigenerativo) e della copertura delle specie presenti.
6. Compilazione della scheda di campo, annotando numero, tipo e copertura delle specie individuate.
7. Documentazione fotografica per facilitare la validazione.

3. Attività di monitoraggio condotta in autonomia dal docente con gli studenti. Invio delle schede.

4. Restituzione dati

1. Discussione dei dati raccolti in classe: confronto tra plots, transetti e tratti diversi.
2. Riflessione sul **ruolo della vegetazione** per la qualità dell'ecosistema fluviale e nella prevenzione di erosione/inquinamento.
3. Possibilità di **creare mappe** o grafici di distribuzione della vegetazione (es. distribuzione/presenza specie aliene invasive).
4. Condivisione dei dati con altre classi, genitori, comunità ed enti locali.

Materiale

1. Manuale di riconoscimento delle specie target;
2. Rotella metrica, binocolo;
3. Scheda cartacea o app per la raccolta dati.

Frequenza consigliata: Una volta all'anno (primavera-autunno).

Suggeriamo alcuni **collegamenti interdisciplinari e temi** per l'attività di monitoraggio dei della vegetazione riparia, suddivisi per scuola primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado.

Scuola Primaria (SP) e Scuola Secondaria di Primo Grado (SSPG)

Scienze:

1. Riconoscimento di alberi e piante comuni (tramite foglie).
2. Osservazione delle stagioni e dei cambiamenti nella natura.
3. Relazione tra piante, acqua e animali (ecosistema).
4. Classificazione base delle piante: arboree, arbustive, erbacee.
5. Ruolo della vegetazione negli ecosistemi fluviali.
6. Adattamenti delle piante agli ambienti umidi.

Educazione Civica / Ambientale:

1. Il rispetto per il verde e gli ambienti naturali.
2. Il fiume come risorsa naturale e spazio pubblico.
3. Paesaggio naturale e sua trasformazione.
4. Funzioni ecologiche delle fasce riparie (ombreggiamento, consolidamento sponde).

Arte / Tecnologia:

1. Uso di strumenti semplici: metro, schede illustrate, cartellini.
2. Disegnare le foglie degli alberi e costruzione di un cartellone o mini-guida per il loro riconoscimento.

Matematica:

1. Conteggio delle specie nei transetti.
2. Percentuali di copertura per specie o strato.
3. Media, confronto tra dati di diverse aree o lati del fiume.

Tecnologia:

1. Misurazione di transetti (rotella metrica).
2. Rappresentazione grafica dei dati raccolti.

Scuola Secondaria di Secondo Grado

Biologia / Scienze Naturali:

1. Identificazione delle specie vegetali (uso di chiavi semplificate).
2. Stratificazione forestale e dinamica della vegetazione riparia.
3. Relazione tra struttura vegetale e qualità dell'ecosistema.

Ecologia / Scienze Ambientali:

1. Servizi ecosistemici delle fasce riparie: filtro ecologico, corridoio biologico.
2. Impatti antropici e gestione del verde lungo i corsi d'acqua.

Geografia / Educazione Civica:

1. Analisi del territorio fluviale: usi del suolo, biodiversità, protezione.
2. Ruolo delle piante nella mitigazione del rischio idrogeologico.

Tecnologie Ambientali / Agrarie (tecnici/professionali):

1. Rilievo di transetti, raccolta e lettura di dati vegetazionali.
2. Monitoraggio degli habitat fluviali secondo protocolli semplificati.

Matematica / Statistica:

1. Stima e confronto di copertura per specie e strati.
2. Elaborazione di grafici (istogrammi, tabelle comparative).

DIVULGAZIONE DEI DATI

La piena efficacia delle attività di Citizen Science si realizza solo quando i dati raccolti diventano parte di un processo di scambio scientifico e sociale. Condividere i risultati ottenuti favorisce la consapevolezza ambientale, stimola il dibattito e rafforza il legame tra scuola, comunità e ricerca.

Innanzitutto, i dati vengono organizzati in forma chiara e accessibile, attraverso tabelle, grafici o presentazioni. L'uso di schede digitali (es. ArcGIS Survey123) o supporti cartacei consente una prima interpretazione immediata da parte degli studenti e ne facilita l'accesso al pubblico.

Successivamente, i dati possono essere pubblicati su piattaforme aperte come FreshWater Watch, la piattaforma del Network Nazionale della Biodiversità di ISPRA o caricate nel sito scolastico o di enti territoriali. Questo approccio segue le pratiche globali di CS, riconosciute a livello internazionale. Nel Regno Unito, iniziative analoghe hanno permesso di integrare i dati raccolti dai cittadini nei sistemi ufficiali di monitoraggio ambientale.

La divulgazione non si limita alla pubblicazione ma è fondamentale coinvolgere il territorio. Gli studenti possono presentare i risultati alla comunità scolastica, ai genitori o agli enti locali (ARPA, comuni), consolidando il concetto di cittadinanza attiva. È utile anche promuovere eventi di restituzione con esperti, attivare canali di feedback e offrire la possibilità di dibattito. Questo si allinea ai principi della comunicazione partecipativa, dove il sapere scientifico non fluisce solo dall'alto, ma si costruisce in dialogo con i cittadini e favorisce la partecipazione alla cosa pubblica.

In sintesi, divulgare i dati significa non solo dare voce all'esperienza scientifica scolastica, ma trasformarla in un contributo utile per l'ambiente e la comunità, stimolando negli studenti la consapevolezza che la scienza è un patrimonio condiviso. Un manuale, un grafico, una chiacchierata in pubblico possono diventare strumenti potenti di cambiamento e responsabilità.

Validazione e Sicurezza

La **validazione dei dati** raccolti è una fase fondamentale per garantire l'affidabilità scientifica delle attività di monitoraggio condotte dagli studenti. In ogni protocollo (FreshWater Watch, *E. coli*, macroinvertebrati, vegetazione riparia), gli insegnanti svolgono un ruolo centrale nella raccolta corretta delle informazioni, ma possono contare sul supporto di esperti del progetto per la revisione e la conferma dei dati.

Le modalità di validazione includono:

1. invio di **fotografie** dei campioni (piastre *E. coli*, macroinvertebrati, specie vegetali) per una verifica a distanza;
2. **revisioni dirette in campo** da parte dei ricercatori, durante il training e le prime attività di monitoraggio;
3. confronto con dati ufficiali di riferimento (es. soglie normative, precedenti monitoraggi da parte di esperti o di enti locali quali l'ARPA);
4. **feedback personalizzati** ai docenti, per accompagnarli nell'autonomia crescente del percorso.

Il coinvolgimento degli studenti in questa fase li aiuta a comprendere l'importanza del rigore scientifico e del controllo dei dati, avvicinandoli alle pratiche reali della ricerca.

Tutte le attività sul campo e in aula devono essere organizzate garantendo **condizioni di sicurezza per gli studenti e i docenti**.

I principali criteri da rispettare sono:

1. I siti di campionamento devono essere **facilmente accessibili**, evitare tratti scivolosi, ripidi o a rischio di piena.
2. Gli studenti devono operare sempre **sotto la supervisione dell'insegnante** o di un accompagnatore formato.
3. Non campionare in caso di condizioni metereologiche avverse.
4. L'uso di **dispositivi di protezione individuale (DPI)** ove necessario: guanti, stivali, contenitori sterili.
5. Prima dell'uscita, va effettuato un **briefing di sicurezza** per ricordare le istruzioni operative, i comportamenti corretti in prossimità dell'acqua e le regole per l'uso dei materiali.
6. Avere cura di tutti i materiali e dell'attrezzatura di campionamento.
7. Smaltire i materiali secondo le indicazioni fornite.

CONCLUSIONI

Le diverse attività di monitoraggio ambientale proposte rappresentano un'occasione formativa concreta e coinvolgente per studenti e insegnanti, unendo la didattica esperienziale con l'impegno civico. Durante tutte le sessioni, sia teoriche che pratiche, viene fornito un supporto costante attraverso guide sintetiche, manuali operativi e materiali visivi pensati per facilitare l'approccio scolastico alle metodologie scientifiche. I partecipanti possono familiarizzare con diversi protocolli di CS, tra cui il monitoraggio della qualità chimica delle acque tramite FreshWater Watch, l'analisi della presenza di *Escherichia coli*, il rilievo della vegetazione riparia secondo il protocollo RiVe e la valutazione biologica dei corsi d'acqua attraverso lo studio dei macroinvertebrati bentonici.

Le esercitazioni sul campo danno ampio spazio all'autonomia degli studenti, ma sempre con il supporto attento dei ricercatori. Questi ultimi svolgono un ruolo fondamentale non solo nella formazione iniziale, ma anche nell'affiancamento continuo, rispondendo ai dubbi, correggendo eventuali imprecisioni e offrendo suggerimenti operativi per migliorare la qualità dei dati raccolti. Questo approccio rende l'esperienza non solo scientificamente rigorosa, ma anche accessibile e gratificante per tutte le età di studenti.

Il docente, adeguatamente formato, assume il ruolo di leader del progetto all'interno della scuola, diventando il punto di riferimento per proseguire le attività di monitoraggio in autonomia con la propria classe. La figura dell'esperto resta sempre disponibile per garantire un sostegno tecnico e metodologico, assicurando la continuità del percorso e l'eventuale validazione dei dati raccolti. In questo modo, il progetto non si esaurisce in un'esperienza isolata, ma si struttura come un processo educativo duraturo, in grado di rafforzare il legame tra scuola, territorio e comunità scientifica, promuovendo una cittadinanza attiva e consapevole.

L'Osservatorio di Citizen Science

L'Osservatorio di Citizen Science, nato nel 2016, promuove la partecipazione attiva dei cittadini nella ricerca sugli ecosistemi d'acqua dolce. Coinvolgendo scuole, enti locali, associazioni e aree protette, il progetto rafforza il legame tra scienza e società.

Le attività principali riguardano:

- *Monitoraggio e tutela di fiumi, laghi, torrenti, zone umide e fasce riparie.*
- *Formazione di cittadini, studenti e ricercatori per la raccolta di dati scientifici affidabili.*
- *Diffusione di buone pratiche e sviluppo di nuovi strumenti e applicazioni.*
- *Creazione di reti e comunità per la Citizen Science.*

L'Osservatorio rappresenta un punto di incontro tra ricerca scientifica e società civile, favorendo una collaborazione concreta per la protezione della biodiversità e delle risorse naturali da cui tutti dipendiamo.

Bruna Gumiero *bruna.gumiero@unibo.it*

Ecologa fluviale con oltre 35 anni di esperienza, PhD in Ecologia (1993). Dal 1996 è professore a contratto presso l'Università di Bologna. La sua attività di ricerca si concentra sugli ecosistemi d'acqua dolce, con particolare attenzione a:

- *comunità di macroinvertebrati e monitoraggio delle acque superficiali;*
- *ruolo ecologico delle fasce riparie nella riduzione dell'inquinamento diffuso da nitrati;*
- *riqualificazione e gestione sostenibile dei sistemi fluviali.*

È co-fondatrice del ***CIRF – Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale*** *(1999) ed è stata membro del consiglio direttivo dell'****European Centre for River Restoration (ECRR)****.*

Dal 2016 affianca alla ricerca scientifica l'impegno per la ***divulgazione delle scienze ecologiche*** *e per lo sviluppo di percorsi di* ***Citizen Science*** *che coinvolgono cittadini e istituzioni locali. In questo ambito:*

- *coordina progetti a livello locale, nazionale ed europeo www.osservatoriocitizenscience.org);*
- *sviluppa metodologie semplificate e a basso costo per il monitoraggio ambientale;*
- *dal 2023 è co-fondatrice di* ***Citizen Science Italia (CSI)*** *https://www.citizenscience.it/ ;*
- *coordina il* ***Water Working Group*** *all'interno della* ***European Citizen Science Association (ECSA)*** ***https://www.ecsa.ngo/working-groups/*** *.*

Francesco Di Grazia *francesco.digrazia2@unisi.it*

Dottore di ricerca in Environmental Chemistry presso l'Università di Siena (2023) si occupa di modellazione ambientale con un focus sull'integrazione di dati provenienti da telerilevamento, monitoraggi ecologici e citizen science per sviluppare nuovi strumenti di previsione utili a individuare fonti di inquinamento, impatti antropici ed effetti del cambiamento climatico. I suoi interessi scientifici spaziano dalla modellistica a scala di bacino fluviale, all'analisi spaziale in ambiente GIS, al monitoraggio della qualità delle acque, della vegetazione riparia e dei macroinvertebrati, fino allo studio dei cicli biogeochimici e dei servizi ecosistemici negli ambienti d'acqua dolce. Dal 2016 è attivo in progetti nazionali e internazionali di citizen science, con particolare interesse per il coinvolgimento delle scuole e delle comunità locali nei processi di monitoraggio e gestione sostenibile del territorio per promuovere una maggiore consapevolezza ambientale.