

Applicazione della metodica di indagine biologica, basata sulla fauna bentonica e sulla componente organica del sedimento, in acque di sorgente ed emergenze assimilabili

Silvio Gaiter, Marco Bodon, Daniela Rocca*

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure, Dipartimento di Genova, Via Gropallo 5 - 16121 Genova

* Autore referente per la corrispondenza (danyluca94@libero.it)

INTRODUZIONE

Dalla fine degli anni '80 sono state intraprese dal Presidio Multi-zonale di Prevenzione di Genova (PMP), poi Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure (ARPAL), indagini e studi sul mondo biologico sotterraneo e sorgivo dell'Appennino Ligure, svolti anche in collaborazione con l'Istituto di Zoologia dell'Università di Genova, attualmente Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DIP.TE.RIS.). Le esperienze si sono subito orientate verso la conoscenza delle biocenosi e la lettura delle stesse in relazione agli aspetti di alterazione ambientale e di rischio igienico delle acque. Nel 1989 è stata stesa una prima descrizione delle metodiche di campionamento e analisi (BODON e GAITER, 1989), nella quale si delineano le informazioni che possono essere tratte dallo studio di queste biocenosi; successivamente, una aumentata esperienza applicativa ha permesso di definire meglio il quadro conoscitivo del biotopo sorgente. Sono stati quindi presentati i risultati di differenti situazioni faunistiche e alcuni criteri interpretativi, applicati ad alcune

realità territoriali (BODON e GAITER, 1995; GAITER *et al.*, 1995). In questi ultimi anni sono state sviluppate altre iniziative parallele, fra le quali la realizzazione di un database sugli ambienti sorgivi (con dati bioecologici, ambientali, fisico-chimici e microbiologici), la ricerca e schedatura dei lavori scientifici italiani ed europei e la sintesi delle informazioni ecologiche e biogeografiche sui singoli taxa. Gli sforzi si sono concentrati sul significato di indicatore degli organismi del benthos in relazione ai differenti aspetti della risorsa idrica e hanno portato alla stesura di un set di descrittori che permettono di formulare ipotesi sulla tipologia delle acque (origine dell'acquifero alimentante), grado di vulnerabilità del sito d'indagine, in particolare per risorse captate, e grado di inquinamento o di alterazione delle acque.

L'elaborazione degli indicatori è basata sul documento prodotto, nel 1999, per il Centro Tematico Nazionale Acque Interne e Marino Costiere - CTN_AIM (BODON e RAFFETTO, 1999), proposto, con opportune modifiche e integrazioni, in occasione del corso di

formazione "Metazoi delle acque sorgive e sotterranee", tenutosi a Genova nel settembre 2000 (ROCCA *et al.*, 2003). Il metodo è in fase sperimentale ed è stato applicato su situazioni e realtà geografiche limitate (oltre 500 sorgenti e ambienti assimilabili per un totale di circa 900 siti di campionamento dell'Appennino Ligure). Il contenuto della tabella applicativa è solo una prima proposta, da sperimentare e perfezionare, destinata a subire certamente modifiche con l'acquisizione di migliori conoscenze ecologiche e biogeografiche sui singoli taxa, ancora molto limitate e ristrette a piccole aree del territorio italiano. Un buon contributo potrebbe giungere dalle iniziative di studio che si svilupperanno in Italia a seguito del progetto PASCALIS (Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life in the Subsurface) nell'ambito del programma quadro per la ricerca e lo sviluppo tecnologico della Commissione Europea (GALLASSI, 2002; MALARD *et al.*, 2003).

La metodica proposta nel presente lavoro è stata impostata secondo la traccia descritta nelle

procedure previste per i metodi di prova di laboratorio dal Servizio Assicurazione Qualità di ARPAL (ARPAL, 2000). La procedura appare, quindi, piuttosto schematica e rigida, ma la standardizzazione ed omologazione del metodo può rappresentare una buona spinta atta a favorire la diffusione della sperimentazione dell'indagine biologica.

GENERALITÀ

Lo scopo che si prefigge l'indagine biologica in acque sorgive, cioè in ambienti di passaggio fra acque sotterranee e acque superficiali (ecotoni acqua-acqua a dinamiche forti; GILBERT *et al.*, 1990), è quello di formulare diagnosi sull'origine e la qualità delle acque di questi siti peculiari. Questo tipo di approccio si basa sull'esame sia della componente faunistica – costituita da organismi invertebrati appartenenti quasi esclusivamente al benthos di acque dolci (che vivono a livello del fondo e nello strato più superficiale del sedimento)– sia della componente organica del sedimento, che comprende resti vegetali e animali. La lettura attenta della biocenosi e della tanatocenosi, può fornire utili elementi per completare il quadro conoscitivo della risorsa idrica rilevato da altri esami e analisi.

Le attività previste per l'applicazione della metodica possono essere raggruppate in due fasi principali: la fase di campo, in cui si effettuano il campionamento biologico e il rilevamento dei parametri di campagna accessori, e la fase di laboratorio, in cui si procede alla preparazione e separazione del materiale raccolto, al riconoscimento dei taxa, all'elaborazione dei dati e alla sintesi dei risultati.

CAMPO DI APPLICAZIONE

La metodologia è applicabi-

le a diverse tipologie di sorgente e, in generale, ad ambienti di acque sotterranee. È idonea per emergenze naturali, ovvero siti che non hanno subito interventi di modificazione, sorgenti parzialmente modificate ma che conservano ancora caratteristiche naturali e anche emergenze captate, in parte o totalmente, con manufatto chiuso o aperto, parzialmente o completamente. L'ampia gamma dei siti di investigazione è quindi riconducibile a due tipologie fondamentali: emergenze idriche in siti naturali ed emergenze idriche in siti artificializzati. A questi si aggiungono, per le loro caratteristiche fisico-chimiche e biologiche, alcuni ambienti idrici sotterranei assimilabili, sui quali è possibile applicare, con cautela, la metodica, come cavità carsiche naturali e cavità artificiali, originate in seguito ad interventi indotti nei complessi rocciosi contenenti serbatoi acquiferi (gallerie ferroviarie, autostradali, miniere, cave, etc.). La metodica proposta è applicabile, con riserva, anche agli ambienti di falda alluvionale (pozzi), solo quando la conformazione del lume e la modesta profondità lo consentono. Il presente elaborato e la relativa modellistica si riferiscono comunque ai soli ambienti sorgivi o assimilabili. Le tipologie ambientali e i relativi siti di possibile applicazione vengono schematizzate nell'All. 1.

Questa metodologia d'indagine non è invece applicabile ad alcune tipologie particolari di sorgente, come acque che provengono dalla fusione di ghiacciai, sorgenti termali, sorgenti minerali con chimismo particolare, sorgenti solfuree, sorgenti temporanee.

PRINCIPIO DEL METODO

Questo tipo di indagine viene svolta prevalentemente sul campo, come per altre discipline profes-

sionali (geologia ambientale, fisica ambientale, etc.), dove è necessario effettuare una lettura attenta dell'ecosistema, o di una parte di esso. Il metodo è applicabile –da parte di operatori aventi una adeguata formazione in campo ecologico, idrobiologico e tassonomico– dopo un periodo di tirocinio sotto la guida di personale esperto o mediante specifici corsi di formazione. La teoria che sta alla base di questo tipo di metodologia presuppone che le condizioni di un ecosistema possano essere valutate mediante la misura di parametri propri della comunità biotica e delle sue componenti, da parte di personale qualificato.

PRECAUZIONI

Il pericolo a cui l'operatore va incontro è principalmente legato all'attività svolta sul campo, poiché in laboratorio l'utilizzo di agenti chimici che possano arrecare danno è modesto e si riduce al solo utilizzo di piccole quantità di alcool per la fissazione e la conservazione dei campioni. I principali rischi, riconducibili all'attività sul campo, sono:

- fenomeni climatici;
- morfologia del territorio;
- sollevamento e trasporto della strumentazione durante il percorso a piedi;
- agibilità all'interno del manufatto di captazione o delle cavità naturali e artificiali.

In generale, l'operatore deve poter disporre dell'idonea attrezzatura individuale (casco protettivo o da minatore, guanti, giaccone e copri pantaloni impermeabili, calzature quali scarpe da trekking e stivali) e di una o più torce elettriche. I dispositivi di protezione collettiva (corde e moschettoni, scaletta portatile) sono indispensabili al nucleo di lavoro in alcune specifiche situazioni. Sono inoltre oppor-

tune la presenza di un numero sufficiente di persone, in relazione alla quantità di materiale da trasportare, e una conoscenza specifica del territorio da investigare. Nel caso di indagini in cavità artificiali o naturali è necessario disporre di una guida abilitata.

INTERFERENZE

Ciò che può influenzare il risultato della prova, è legato prevalentemente alla fase di campo e dipende soprattutto dall'alterazione dell'habitat. Un'alterazione diretta sui siti di colonizzazione determina una variazione quali-quantitativa della biocenosi fino alla completa distruzione della stessa. I fattori d'interferenza possono essere ricondotti a tre tipologie principali:

- eventi alluvionali che interessano il sito sorgivo o parte di esso;
- impiego di sostanze disinfettanti (es. a base di cloro o calce viva) all'interno del sito di campionamento, nel caso di emergenze captate;
- interventi di asportazione dei sedimenti da parte degli addetti alla manutenzione delle opere di captazione delle emergenze idriche.

Sono ovviamente esclusi i fenomeni di inquinamento indiretto delle acque che il metodo si propone di valutare.

APPARECCHIATURE

Attrezzature di campo (Fig. 1):

- retino triangolare da benthos per raccolta diretta, con breve impugnatura, di piccole dimensioni (20-25 cm di lato), e con rete filtrante a sacco in nylon, connessa all'anello metallico (adattabile al substrato) mediante telo robusto; a maglie opportune:
 - 500 μm per macrobenthos;

- 100 μm per meio- e microbenthos;
- retino da drift, con rete filtrante in nylon a maglie opportune (500 μm o 100 μm), dotato di un collettore terminale svitabile, utilizzabile in alcune particolari situazioni;
- manico allungabile da adattare ai retini, per prelievi in acque profonde (fino a 3 m ca.);
- paletta metallica con impugnatura in plastica per smuovere il sedimento o per raccogliarlo;
- pinzette da entomologo per la raccolta a vista degli organismi di maggiori dimensioni;
- sacchetti e contenitori per la conservazione temporanea del campione;
- matita ed etichette;
- torcia elettrica con illuminazione potente;
- borsa termica per il trasporto dei campioni (temperatura di conservazione 3-5 °C);
- piastre frigorifere.

Attrezzature di laboratorio:

- frigorifero per la conservazione

- dei campioni;
- secchio in plastica di capacità 5 litri;
- contenitori graduati di varie capacità;
- setacci in acciaio di 12-13 cm di diametro, a maglia opportuna:
 - 4 mm (UNI n° 1);
 - 2 mm (UNI n° 7);
 - 1 mm (UNI n° 13);
 - 0,5 mm (UNI n° 20);
- ritaglio di rete in nylon da 100 μm (20-30 cm ca. di lato).
- cucchiaio;
- capsule Petri di 5-10 cm di diametro;
- microscopio stereoscopico, a bassi e medi ingrandimenti (6-50 x), dotato di lente aggiuntiva per ulteriori ingrandimenti (100 x);
- microscopio ottico a 100-1000 ingrandimenti.
- pinzette da orologiaio;
- aghi montati;
- pipette in plastica graduate da 3 mL;
- vetrini e coprioggetti per microscopia;
- alcool etilico a 80°;
- glicerina;



Fig. 1. Attrezzature di campo per il campionamento di sorgenti: retino triangolare da benthos per la raccolta diretta (a sinistra) e retino da drift, dotato di un collettore terminale svitabile (a destra).

- provette e contenitori per la conservazione in alcool degli organismi.

Supporti strutturali:

- banchi da lavoro predisposti per il collocamento dei microscopi;
- lavandino idoneo alla preparazione del campione.

Modulistica:

- modello SORG: per l'annotazione dei dati ispettivo-ambientali, mirato ad evidenziare le caratteristiche specifiche del punto stazione oggetto d'indagine (All. 2).
- modello BIOL: per l'annotazione dei dati descrittivi del sito di campionamento e per la compilazione dei risultati (All. 3).

REAGENTI

L'unico prodotto normalmente utilizzato durante la fase di laboratorio è l'alcool a 80°. La preparazione avviene utilizzando alcool etilico a 94-96° (o alcool denaturato), diluendo 80 mL di alcool con 14-16 mL di acqua. Occasionalmente, per i preparati, può essere impiegata anche qualche goccia di glicerina.

PROCEDURA

1 Fase di campo

1.1 Rilevamento dati ambientali

- Compilazione del modello SORG (vedi istruzioni operative, All. 2):
 - dati identificativi e di inquadramento geografico;
 - valutazione ambientale della stazione;
 - scelta dei siti per l'esame biologico (Fig. 2): possono essere campionati più siti per ciascuna sorgente; ad ogni sito campionato deve corrispondere un singolo model-

- lo BIOL.
- Compilazione del modello BIOL (vedi istruzioni operative, All. 3): denominazione della sorgente, data e riferimento al sito campionato, corrispondente a quanto indicato nel modello SORG ("identificazione del punto d'acqua" e "siti dell'esame biologico"); compilazione dei campi della sezione "caratteristiche del

sito" e del primo campo della sezione "caratteristiche del campionamento".

1.2 Campionamento biologico

- Raccolta del macrobenthos in modo diretto: a vista si cercano gli organismi di maggiori dimensioni; il campionamento a vista è integrativo ma non sostitutivo di quello tradizionale riportato

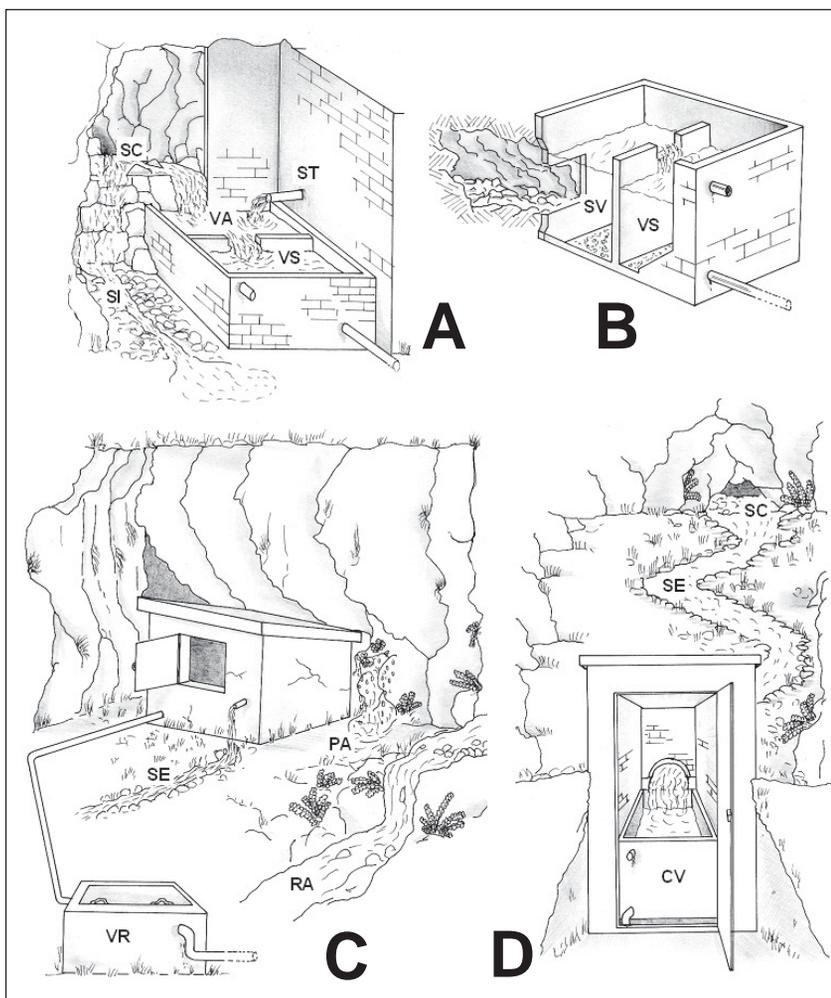


Fig. 2. Rappresentazione dei siti investigabili all'interno di una captazione (A, B) e all'esterno (C, D). A: ambiente interno di una captazione con scaturigine accessibile (SC), scorrimento interno (SI), scaturigine da tubo (ST), vasca di arrivo (VA), vasca successiva (VS); B: spaccato di una manufatto di captazione con scaturigine inglobata nella vasca di arrivo (SV) e vasca successiva (VS); C: ambiente esterno di una captazione con scorrimento esterno (SE), permeazioni adiacenti (PA), rivo adiacente (RA) e vasca lungo la rete (VR); D: sorgente captata dopo un tratto di scorrimento superficiale, scaturigine (SC), scorrimento esterno (SE) e captazione a valle della scaturigine (CV).

di seguito;

- raccolta di benthos e sedimenti mediante retino: raccolta nelle diverse tipologie di substrato presenti nella sorgente, come massi e ciottoli, ghiaia, sabbia o limo, muschi e fogliame marcescente, lavando direttamente il materiale controcorrente davanti all'apertura del retino.

Anche per scorrimenti interni posti in stretti cunicoli si può applicare la stessa metodologia di campionamento. Eventualmente, se l'opera captativa lo permette, effettuare un ulteriore campionamento dalle vasche di raccolta (vasca d'arrivo o vasche successive), disponendo il retino allo sbocco del tubo di scarico di fondo, raccogliendo così il sedimento presente sul fondo dei manufatti. Se il deposito di sedimento accumulato è rilevante, asportare solo lo strato superficiale.

La metodica può essere applicata effettuando il campionamento di tutte le classi dimensionali di organismi (macro-, micro- e meiobenthos, con rete filtrante di 100 µm), ma, ai fini dell'applicazione degli indicatori su acque sorgive, può essere sufficiente considerare solo la componente macrobentonica; in questo caso saranno utilizzati i retini con maglie da 500 µm.

1.3 Completamento

Compilazione della tabella relativa alla lista faunistica (modello BIOL - sezione "Esame del benthos" - "in situ") solo per quanto riguarda eventuali organismi rilevati presso il sito di campionamento durante il sopralluogo. Segnalare l'esecuzione o il rilevamento sull'entità idrica in oggetto di altre indagini non biologiche. La registrazione è prevista nella scheda SORG (sezione "Altri rilievi riguardanti l'emergenza idrica" e

"campionamenti per esami di laboratorio").

Generalmente, unitamente al campionamento, si rilevano i parametri di campo fisico-chimici e idrologici (temperatura aria e acqua, pH, ossigeno disciolto espresso in mg/L e come percentuale di saturazione, conducibilità e portata) e le note meteo-climatiche (condizioni meteorologiche) e idrologiche (regime idrico locale); vengono inoltre effettuati i prelievi delle acque destinati alle analisi chimiche e batteriologiche di laboratorio. Possono essere condotte sul territorio le indagini ispettive sulle aree di salvaguardia dell'emergenza idrica e altri rilevamenti (geologico-strutturali, geomorfologici, geomeccanici, etc.).

Il sedimento viene riposto in uno o più sacchetti che verranno mantenuti in borsa termica, unitamente alle piastre frigorifere, durante il trasporto al laboratorio.

Giunti al laboratorio, i sacchetti saranno conservati, aperti, in frigorifero a 3-5 °C. L'esame del benthos e del sedimento dovrà avvenire entro le 24 ore successive al momento del campionamento.

2 Fase di laboratorio

2.1 Preparazione del campione

- Misurazione del volume: riporre il sedimento in un contenitore graduato e lasciarlo decantare per alcuni minuti prima di procedere alla lettura del volume di sedimento.
- Lavaggio e separazione delle frazioni: per separare dal campione la parte grossolana e ottenere frazioni più omogenee, si procede mediante l'utilizzo dei setacci. Con l'ausilio della rete del retino stesso (maglia 500 µm per macrobenthos, 100 µm per meio- e microbenthos), lavando il campione in acqua, si elimina la parte più fine. Questa fase

può essere evitata quando il materiale raccolto è scarso e di granulometria intermedia; in questo caso si elimina il materiale grossolano manualmente e si sciacqua velocemente il residuo dentro la rete. Le varie frazioni separate sono suddivise, in piccole quantità, in capsule Petri.

- Arricchimento: per campioni voluminosi e costituiti prevalentemente da frazioni minerali si procede alla concentrazione del materiale organico prima dell'esame. Il materiale organico, meno pesante del sedimento, può essere estratto mediante agitazione del campione, imprimendo movimenti rotatori, rimescolando il substrato in un recipiente pieno d'acqua e versando e filtrando nel retino rapidamente l'acqua con le frazioni più leggere in sospensione.
- Compilazione del modello BIOL nella sezione "Caratteristiche del campione".

2.2 Esame del benthos

- Separazione degli organismi: le frazioni vengono esaminate con l'ausilio di un microscopio stereoscopico, a bassi ingrandimenti (6-10 x), per individuare gli organismi presenti che vengono prelevati con pinzette e trasferiti nel fissativo. Un fondo nero facilita la visualizzazione degli organismi depigmentati e ialini.
- Fissazione: è preferibile utilizzare alcool a 80° in quanto non indurisce i tessuti e il materiale così trattato si presta meglio per lo studio anatomico (la formalina neutralizzata al 4 % è spesso usata, ma sconsigliabile, anche perché cancerogena).
- Classificazione degli organismi. Per l'osservazione si utilizza un microscopio stereoscopico, con

luce diretta, a medi ingrandimenti (25-50 x), dotato di lente aggiuntiva quando sono necessari ulteriori ingrandimenti (100 x). I caratteri minuti di importanza diagnostica si osservano mediante preparati su vetrino, tramite un microscopio ottico a luce trasmessa. La classificazione va approfondita sino a livello sistematico in uso per il macrobenthos di acque superficiali (GHETTI, 1997), ad eccezione di alcuni gruppi aventi taxa con esigenze ecologiche differenti, come Molluschi (Hydrobiidae) e Crostacei (Anfipodi e Isopodi), per i quali è necessario identificare il genere o i gruppi di specie. Le chiavi tassonomiche sono contenute in molti articoli e manuali, come le "Guide per il riconoscimento delle specie animali di acque interne italiane del CNR" (RUFFO ed., 1977-1985), l'atlante di SANSONI (1992), i volumi di CAMPAIOLI *et al.* (1994, 1999) e altri lavori specialistici su singoli gruppi. Questa fase è molto critica per la buona esecuzione del metodo, in quanto l'utilizzo delle guide opportune, la corretta osservazione del materiale, ma soprattutto le approfondite conoscenze tassonomiche da parte dell'operatore, sono di primaria importanza.

- Compilazione del modello BIOL. La sezione "Esame del benthos", è predisposta appositamente per annotare la lista dei taxa rinvenuti, indicando il numero di esemplari riscontrati (approssimato se superiore alle dieci unità) e il giudizio di abbondanza, articolato in quattro classi di frequenza. Quest'ultimo viene valutato in relazione allo sforzo di campionamento ed al volume di sedimento raccolto.

- Conservazione: si usa generalmente alcool a 80° (preferibilmente con l'aggiunta di qualche goccia di glicerina per gli artropodi). I campioni smistati a livello dei singoli gruppi vanno conservati in provette adeguate, dotate di chiusura idonea (contenitori o provette in vetro o materiale plastico) e riposti entro barattoli a chiusura ermetica anch'essi provvisti di alcool sul fondo.
- Etichettatura: il materiale smistato deve essere contrassegnato da etichette indelebili collocate entro le singole provette; generalmente si riportano le seguenti voci: gruppo tassonomico, taxon, corpo idrico, località e frazione, comune, provincia, raccoglitori e data, coordinate UTM e quota.

2.3 Esame del sedimento

- Identificazione e valutazione semi-quantitativa della parte organica presente nel sedimento: le frazioni vengono esaminate con l'ausilio di un microscopio stereoscopico, a bassi ingrandimenti (6-10 x), per identificare, ed eventualmente separare, le componenti vegetali e animali. I resti di invertebrati acquatici, quando identificabili, devono essere classificati allo stesso livello del benthos.
- Compilazione del modello BIOL nella sezione "Esame del sedimento", predisposto appositamente per annotare la presenza delle diverse componenti del sedimento, suddivise in resti di origine animale e resti di origine vegetale. Sulla scheda sono elencate le principali componenti che solitamente si riscontrano; sono però previsti ulteriori spazi per approfondimenti, in particolare per i resti di origine animale. Anche in questo caso

il giudizio di abbondanza, articolato in quattro classi di frequenza, viene valutato in relazione al volume di substrato raccolto.

3 Calcolo ed espressione dei risultati

3.1 Inquadramento biologico del sito

L'operatore, dalla scheda SORG e dalla specifica scheda BIOL, procede alla valutazione dei risultati fornendo un primo quadro interpretativo. Questo si ottiene esaminando la lista faunistica e quella relativa alla tanatocenosi, valutando le diverse voci con la frequenza relativa delle diverse componenti e assegnando a ciascuna di esse la caratterizzazione ecologica nel contesto ambientale di riferimento.

3.2 Applicazione degli indicatori

Per una valutazione più obiettiva, l'applicazione della metodica alle sorgenti captate prende in considerazione tre aspetti diversi a cui corrispondono tre indicatori:

- descrittore di inquinamento;
- descrittore di vulnerabilità captativa;
- descrittore idrologico.

Ciascun indicatore biologico ha come riferimento una scheda esplicativa specifica, riportata nell'All. 4, e strutturata come segue. La prima parte, riferita all'inquadramento generale, riporta gli attributi e le referenze dell'indicatore (descrizione dell'indicatore, metodi di misura, scopo, unità di misura, copertura geografica dei dati, periodo di riferimento dei dati, documenti di riferimento, osservazioni e commenti). La tabella prende in considerazione, nelle diverse situazioni, la presenza e la frequenza della componente faunistica (biocenosi) e di quella organica del sedimento (tanatocenosi). L'interpretazione e la formulazione del

giudizio si basa sul confronto tra i risultati della scheda BIOL con la serie di situazioni codificate ("tabella relativa alla biocenosi e tanatocenosi di riferimento").

Se le situazioni sono tipiche, l'ambiente e l'area geografica omogenei, la biocenosi e la tanatocenosi caratteristiche, il giudizio biologico può dare un contributo valido

sugli aspetti presi in considerazione o una conferma di quanto l'esame ispettivo o altre analisi forniscono. Talvolta, tuttavia, specifiche condizioni locali, indipendenti da fattori antropici, come vicissitudini paleogeografiche, substrato o chimismo particolare delle acque, possono portare a difficoltà interpretative.

ALLEGATI

- Allegato 1: tabella ambienti investigabili;
- Allegato 2: modello SORG e istruzione operativa;
- Allegato 3: modello BIOL e istruzione operativa;
- Allegato 4: tabelle relative ai tre indicatori biologici.

BIBLIOGRAFIA

- ARPAL, 2000. *Manuale Assicurazione Qualità*. ARPAL, Laboratorio del Dipartimento di Genova, ed. 00 del 11/09/00, documento interno.
- BODON M., GAITER S., 1989. Considerazioni sul popolamento macrobentonico delle acque sorgive. *Biologia Ambientale*, 3 (2): 5-12.
- BODON M., GAITER S., 1995. Nuovi criteri di valutazione basati sulla componente biologica per le captazioni di acque destinate al consumo umano. *Biologia Ambientale*, 9 (1): 5-17.
- BODON M., RAFFETTO G., 1999. *Approfondimento dello stato dell'arte degli indici biologici e trofici per la valutazione della qualità delle acque sotterranee*. ARPAL, Centro Tematico Nazionale Acque Interne e Marino costiere CTN_AIM, documento interno, 89 pp.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S. 1994. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Provincia Autonoma di Trento, Vol. I, 357 pp.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A. e RUFFO S. 1999. *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, Trento, Vol. II: 358-484.
- GAITER S., CHIAPPARA G.M., BALDINI I., BERTOLOTTI R.M., TRAVERSO P., 1995. Metodi investigativi e analitici atti a valutare lo stato di protezione e i rischi igienici di piccoli acquedotti approvvigionati da acquiferi montani: applicazione alla situazione concreta di un piccolo comune (Maissana, La Spezia). In: Atti 2° Conv. Naz. "Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi", Nonantola (MO), 17-19 maggio 1995. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Ed., Bologna: 3.385-395.
- GALASSI D., 2002. Il progetto PASCALIS. *Biologia Ambientale*, 16 (1): 60-61.
- GHETTI P.F., 1997. *Manuale di applicazione. Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo di qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, 222 pp.
- GILBERT J., DOLE-OLIVIER M.J., MARMONIER P., VERVIER P., 1990. Surface groundwater ecotones. In: R.J. Naiman et H. Decamps (eds.), *Ecology and Management of aquatic-terrestrial ecotones*. Partenon Publ., London: 199-225.
- MALARD F., DOLE-OLIVIER M.-J., MATHIEU J., STOCH F., 2003. Sampling manual for the assessment of regional groundwater biodiversity. PASCALIS, European Project: Protocols for the Assessment and Conservation of Aquatic Life in the Subsurface, <http://www.pascalis-project.org>.
- PESCE G.L., 1996. *Biocenosi a copepodi del bacino dell'alto corso del fiume Vomano e alcune sorgenti del Gran Sasso*. In "Monitoraggio biologico del Gran Sasso", Consorzio di Ricerca Gran Sasso, Università degli Studi dell'Aquila, Andromeda Editrice: 292-296.
- PEZZOLI E., 1984. *Fenomeni geomorfologici e faunistici di Valle Imagna (Carso, Acque, Fauna, Uomo)*. C.A.I. Sezione di Bovisio Masciago, 48 pp.
- PEZZOLI E., 1985. I molluschi crenobionti e stigobionti presenti in Valle Imagna (Bergamo): carta generale delle stazioni ad oggi segnalate. *Bollettino Malacologico*, 21: 1-11.
- PEZZOLI E., 1988. I molluschi crenobionti e stigobionti presenti in Italia. Censimento delle stazioni, secondo aggiornamento per il settentrione e proseguimento per l'Italia appenninica. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.*, 15: 65-103.
- PEZZOLI E., 1989. I molluschi crenobionti e stigobionti presenti in Italia. Censimento delle stazioni, terzo aggiornamento. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol.*, 16: 43-69.
- RIPERT M., 1998. *Contribution a l'ecologie d'Hydrobiidae (Mollusca Gastropoda Prosobranchia) souterrains dans le Sud de la France*. Université de Lyon I-Marseille II et Saint-Etienne: 28 pp.
- ROCCA D., BODON M., GAITER S., CASARINO E., 2003. Resoconto sul Corso di Formazione "Metazoi delle acque sorgive e sotterranee. Biologia, campionamento e riconoscimento, aspetti ambientali ed applicativi". Genova, 18-22 settembre 2000. *Biologia Ambientale*, 17 (1): 77-84.
- RUFFO S., 1977-1985 (Ed.). *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Collana del progetto finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente"*, CNR.
- SANSONI G., 1992. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento, Stazione Sperimentale Agraria Forestale, Servizio Protezione Ambiente, 191 pp.
- STOCH F., 2001. Primi risultati sull'uso degli organismi stigobi come indicatori di qualità ambientale. *Speleologia Veneta*, 9: 157-163.

All. 1 - Tabella ambienti investigabili

Definizione sintetica dell'ambiente	Caratterizzazione ambientale o impiantistica	Siti investigabili	Percorso dell'acquifero	Caratterizzazione ecologica	Comunità biologica
Sorgente carsica	Stato naturale Opera di captazione di sorgente	SC SC, ST, VA, SV, VS	Falda in rocce carsiche ⇒ Scorrimento superficiale Falda in rocce carsiche ⇒ Opera di presa (⇒ Scorrimento superficiale)	Ecotono: Crenal Ecotono: Sygal-Crenal	Crenon Da Sygon, con elementi crenobi a Crenon, con elementi sligobi
Risorgente carsica	Stato naturale Opera di captazione di sorgente	SC SC, ST, VA, SV, VS, SI	Scorrimento superficiale ⇒ Scorrimento sotterraneo in rocce carsiche ⇒ Scorrimento superficiale Scorrimento superficiale ⇒ Scorrimento sotterraneo in rocce carsiche ⇒ Opera di presa (⇒ Scorrimento superficiale)	Ecotono: Rhlthral-Crenal Ecotono: Rhlthral-Crenal	Rhlthron, con possibili elementi crenobi Rhlthron, con possibili elementi crenobi
Sorgente carsica con alimentazione mista	Stato naturale Opera di captazione di sorgente	SC SC, ST, VA, SV, VS, SI	Scorrimento superficiale ⇒ Scorrimento sotterraneo + Falda in rocce carsiche ⇒ Scorrimento superficiale Scorrimento superficiale ⇒ Scorrimento sotterraneo + Falda in rocce carsiche ⇒ Opera di presa (⇒ Scorrimento superficiale)	Ecotono: Sygal-Crenal-Rhlthral Ecotono: Sygal-Crenal-Rhlthral	Crenon, con elementi rhlthrali Crenon, con elementi rhlthrali e/o rhlthrali a Crenon, con elementi sligobi e/o rhlthrali
Sorgente in rocce fessurate	Stato naturale Opera di captazione di sorgente	SC SC, ST, VA, SV, VS, SI	Falda in rocce fessurate ⇒ Scorrimento superficiale Falda in rocce fessurate ⇒ Opera di presa (⇒ Scorrimento superficiale)	Ecotono: Crenal Ecotono: Sygal-Crenal	Crenon Da Sygon, con elementi crenobi a Crenon, con elementi sligobi
Sorgente di versante (delirio di falda o morena)	Stato naturale Opera di captazione di sorgente	SC SC, ST, VA, SV, VS, SI	Falda di versante in rocce permeabili per porosità ⇒ Scorrimento superficiale Falda di versante in rocce permeabili per porosità ⇒ Opera di presa (⇒ Scorrimento superficiale)	Ecotono: Crenal Ecotono: Sygal-Crenal	Crenon Da Sygon, con elementi crenobi a Crenon, con elementi sligobi e freatobi
Risorgiva o Fontanile	Stato naturale o con lievi interventi per aumentare il deflusso	SC	Falda freatica in piana alluvionale ⇒ Scorrimento superficiale	Ecotono: Crenal	Crenon
Scorrimenti in cavità carsica	Stato naturale	SC, SI	Falda in rocce carsiche: zona epicarsica o zona di percolazione; zona di circolazione, anfibia o epifreatica: zona satura, sotto il livello di base	Sygal	Sygon
Scorrimenti in cavità artificiale (gallerie, miniere, cave)	Con opera di captazione interna Senza opera di captazione interna	SC, ST, VA, SV, VS, SI SC, ST, SI	Falda in rocce carsiche ⇒ Opera di presa Falda in rocce fessurate o carsiche	Sygal Sygal	Sygon Sygon
Perforazione	Con opera di captazione interna Opera di captazione da perforazioni	SC, ST, VA, SV, VS, SI ST, VA, VS	Falda in rocce fessurate o carsiche ⇒ Opera di presa Falda in rocce fessurate o carsiche ⇒ Opera di presa indotta	Sygal Sygal	Sygon Sygon
Galleria drenante	Opera di captazione: galleria drenante	SC, ST, VA, SV, VS, SI	Falda di versante in rocce permeabili per porosità ⇒ Opera di presa indotta	Sygal	Sygon, con elementi freatobi
Pozzo di versante	Opera di captazione: pozzo	FP, TP, VA, VS	Falda di versante in rocce permeabili per porosità ⇒ Opera di presa indotta	Sygal	Sygon, con elementi freatobi
Pozzo freatico	Opera di captazione: pozzo	FP, TP, VA, VS	Falda freatica in piana alluvionale ⇒ Opera di presa indotta	Sygal	Sygon, con soli elementi freatobi
Pozzo freatico alimentato da un corso d'acqua	Opera di captazione: pozzo	FP, TP, VA, VS	Scorrimento superficiale ⇒ Falda freatica in piana alluvionale ⇒ Opera di presa indotta	Sygal	Sygon, con elementi iporaiici
Pozzo artesiano	Opera di captazione: pozzo	FP, TP, VA, VS	Falda artesianica in piana alluvionale ⇒ Opera di presa indotta	Sygal	Sygon, con soli elementi freatobi specializzati

Nota. Per ogni ambiente sono riportati i possibili "siti investigabili" specifici dell'emergenza idrica; pertanto non sono riportati quelli adiacenti o situati a valle delle opere di presa. SC: scaturigine accessibile; ST: scaturigine da tubo; VA: vasca di arrivo; SV: scaturigine + vasca arrivo; VS: vasche successive; SI: scorrimenti interni; VR: vasca lungo la rete; FP: fondo del pozzo; TP: tubo di pompaggio (filtrazione dell'acqua all'arrivo); una definizione dei diversi siti è riportata sotto la voce "sito campionato" nell'istruzione operativa al modello sorg. (All. 2). Nella descrizione del "percorso dell'acquifero", vengono indicati tra parentesi i percorsi che possono variare a seconda della captazione. Nella "caratterizzazione ecologica", si intendono: ecotono: ambiente di passaggio tra due sistemi idrici diversi; crenal: ambiente di sorgente (di contatto tra acque sotterranee e superficiali); sygal: ambiente di acque sotterranee; rhlthral: ambiente di ruscello (acque superficiali). La "comunità biologica" riportata si riferisce alla biocenosi attesa.

All. 2 - modello SORG e istruzione operativa

CORPI IDRICI SOTTERRANEI (modello SORG) - parte generale

IDENTIFICAZIONE DEL PUNTO D'ACQUA

Codice: - Sopralluogo del
 Denominazione punto di rilevamento: _____

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Provincia di Comune di Fraz. Loc.
 Bacino Sottobacino/i Quota m s.l.m.
 Coordinate UTM (IGM) Coordinate UTM (CTR) X Y

VALUTAZIONE AMBIENTALE DELLA STAZIONE

Ambiente:
 SO: sorgente; PV: pozzo di versante; PE: perforazione; EN: emergenza in cavità naturali; EA: emergenza in cavità artificiali; GD: galleria drenante.
Tipologia della sorgente:
 RE: reocrena; LI: limnocrena; EL: eleocrena; AA: ambiente esterno assente.
Posizione della sorgente rispetto a rivi attivi a monte:
 1: nell'alveo; 2: in prossimità (2-5 m); 3: a 5-20 m; 4: a 20-100 m; 5: >100 m o rivi assenti.
Posizione della sorgente rispetto a impluvi con scorrimenti a monte non perenni:
 1: nell'impluvio; 2: in prossimità (2-5 m); 3: a 5-20 m; 4: a 20-100 m; 5: >100 m o impluvi assenti.
Manufatto:
 TC: totalmente chiuso; CI: a chiusura imperfetta; PC: parzialmente chiuso o aperto; MR: rudimentale, aperto; MA: manufatto assente.
Captazione:
 CT: captazione completa con derivazione totale; CD: captazione completa con dispersione intorno al manufatto; CZ: captazione completa con derivazione parziale; CP: captazione parziale; NC: captazione assente.
Litologia:
 AC: arenarie calcaree; AG: argille; AS: argilloscisti; AN: andesiti; AR: arenarie; BA: basalti; CA: calcari; CD: calcari dolomitici; CL: calcescisti; CM: calcari metamorfici; CO: conglomerati; DS: diaspri; DR: dioriti; DO: dolomie; FL: flysh; GA: gabbri; GE: gessi; GN: gneiss; GR: graniti; LI: lipariti; MA: marne; ME: metagabbri; MI: micascisti; OC: ofiocalci; OL: ofioliti; PO: porfidi; PR: prasiniti; QU: quarziti; SC: scisti; SI: sieniti; TR: trachiti.
Alterazioni del substrato:
 RC: roccia compatta; RA: roccia alterata; DF: detrito di falda; AL: alluvioni.

CORPI IDRICI SOTTERRANEI (modello SORG) - sintesi rilievi

Codice: - Campionamenti del
 Denominazione punto di rilevamento: _____

SITI DELL'ESAME BIOLOGICO

Siti campionati totali N.
 |A| Sito campionato: Seguono: - modello BIOL - Benthos Sedimento
 |B| Sito campionato: Seguono: - modello BIOL - Benthos Sedimento
 |C| Sito campionato: Seguono: - modello BIOL - Benthos Sedimento
Siti della sorgente: SC: scaturigine accessibile; ST: scaturigine da tubo; VA: vasca di arrivo; SV: scaturigine + vasca arrivo; VS: vasche successive; CV: captazione a valle della scaturigine (impropria); SI: scorrimenti interni.
Siti adiacenti o a valle della sorgente: SE: scorrimenti esterni; PA: permeazioni adiacenti; RA: rivi adiacenti; VR: vasca lungo la rete.

ALTRI RILIEVI RIGUARDANTI L'EMERGENZA IDRICA

Parametri fisico-chimici	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	Sito <input type="text"/>
Parametri idrologici	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	Sito <input type="text"/>
Infrastruttura	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	
Attività antropiche ed opere	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	
Geologici	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	
Dati anagrafici	Si <input type="checkbox"/> ; No <input type="checkbox"/>	modello <input type="text"/>	

CAMPIONAMENTI PER ESAMI DI LABORATORIO

Analisi chimiche Si ; No Referto di prova N° Sito Profilo analitico
Analisi batteriologiche Si ; No Referto di prova N° Sito Profilo analitico
 Note: _____

I Rilevatori _____

ISTRUZIONE OPERATIVA AL MODELLO SORG

Il modello "SORG" è composto di due parti, la prima (parte generale) va compilata una sola volta per ogni emergenza idrica (va rivista solo in caso di cambiamenti significativi), la seconda (sintesi rilievi), ogni volta che si effettua il sopralluogo o i rilevamenti. Pertanto, per ogni successivo sopralluogo che comporta un campionamento biologico, è necessario compilare un altro modello SORG limitatamente alla parte "sintesi rilievi". Ciascuna parte è suddivisa in sezioni, comprendenti diversi campi. Ogni campo va compilato integralmente in base alle spiegazioni sotto indicate.

PARTE GENERALE

Prima sezione

Identificazione del punto d'acqua

Codice: lo spazio riservato a questo campo rappresenta il numero identificativo per ciascuna sorgente, indispensabile per l'archiviazione computerizzata dei dati. Il criterio di numerazione può essere stabilito come semplice progressione cronologica o essere più articolato, con numeri e sigle in relazione al tipo di fonte o alla localizzazione territoriale. Ad esempio, può essere formato da 4 cifre che identificano il numero progressivo che contraddistingue il gruppo principale della sorgente, seguito da altre due cifre che specificano l'emergenza secondaria all'interno della scaturigine.

Denominazione punto di rilevamento: riportare il nome della sorgente.

Sopralluogo del: inserire la data in cui è stata svolta la prima indagine presso la sorgente ed è stato compilato il modello SORG.

Seconda sezione

Inquadramento geografico

Provincia: riportare la denominazione della provincia e la sigla automobilistica.

Comune: riportare la denominazione del comune e il codice ISTAT (3 cifre per la provincia più tre per il comune).

Frazione: è riferita alla denominazione della frazione più prossima alla sorgente, dedotta dalle carte tecniche regionali (o dalle tavolette dell'IGM), e riportata nell'Annuario del TCI dei Comuni e Frazioni d'Italia o ricavata da documentazioni ufficiali degli enti pubblici.

Località: è riferita alla denominazione della località in cui ricade l'ambiente d'indagine; riportare la denominazione dalle carte tecniche regionali (o dalle tavolette dell'IGM) e, solo se non segnalata, la toponomastica nota a livello locale.

Bacino: indicare la denominazione del corpo idrico principale (con foce a mare o, nel caso di bacini interregionali, quelli principali che defluiscono fuori la regione d'indagine) sotto il quale ricade il punto di rilevamento, preceduto dall'indicazione di fiume (F.), torrente (T.) o rio (R.), in base alla cartografia regionale (o alle tavolette dell'IGM).

Sottobacino/i: indicare la denominazione della serie di corpi idrici su cui insiste il punto di rilevamento, in base alla cartografia regionale (o alle tavolette dell'IGM), con le abbreviazioni riportate al campo precedente, ordinati da valle verso monte.

Quota: deve essere riportata la quota della sorgente sul livello del mare, espressa in metri, ricavata dalle carte tecniche regionali e verificata sul posto sulla base dei punti quotati (i rilevamenti della quota tramite GPS sono spesso imprecisi).

Coordinate UTM: a questo campo corrispondono due diverse espressioni in base alla cartografia utilizzata. Nelle caselle relative alle coordinate UTM (IGM) indicare, nelle prime due caselle le lettere che identificano il quadrato di 100 X 100 km di lato, nelle caselle

le successive riportare i numeri che identificano il quadrato di 1 x 1 km di lato (le prime due cifre per la latitudine, le altre due per la longitudine). Nelle caselle relative alle coordinate UTM (CTR) "X" ed "Y", corrispondenti rispettivamente a latitudine e longitudine, riportare i valori delle coordinate UTM dedotti dalla cartografia CTR in cifre (o trasformarle dalle coordinate Gauss-Boaga, se la cartografia è impostata su questo reticolo), localizzando esattamente il punto con l'approssimazione di almeno 10 m (in questo caso arrotondando a zero l'ultima cifra delle coordinate). La lettura della longitudine e della latitudine va eseguita da sinistra verso destra (per la longitudine) e dal basso verso l'alto (per la latitudine). Se le coordinate vengono registrate tramite un GPS impostato in UTM (sistema Europeo), riportare il valore esatto rilevato dallo strumento.

Terza sezione

Valutazione ambientale della stazione

Per poter effettuare una valutazione ambientale della sorgente da investigare sono stati opportunamente scelti alcuni campi, evidenziati in grassetto, ritenuti di fondamentale importanza per una descrizione accurata dell'ambiente in esame. Ad ognuno di questi segue un apposito spazio che dovrà essere compilato con le relative codifiche (identificate da un numero o da una sigla letterale, rispettivamente se riferite ad una stima quantitativa o ad un'indicazione tipologica), elencate specificatamente per ogni singolo campo.

Ambiente: indicare la tipologia ambientale dell'emergenza: sorgente (SO), se, almeno in origine, sgorgava naturalmente all'esterno; perforazione (PE) se si tratta di una falda in acquifero permeabile per fratturazione, intercettata da un'opera orizzontale; emergenza in cavità naturale (EN) o emergenza in galleria artificiale (EA), se sgorga all'interno rispettivamente di una cavità naturale o artificiale; pozzo di ver-

sante (PV) o galleria drenante (GD), rispettivamente se l'opera intercetta una falda in acquifero permeabile per porosità mediante un'opera verticale o uno scavo orizzontale.

Tipologia della sorgente: indicare se la sorgente (o ambiente assimilabile) allo stato naturale, o comunque al di fuori del manufatto captativo, origina subito un corso d'acqua, ed è quindi denominata reocrena (RE); se forma una polla sorgiva piuttosto ampia, limnocrena (LI); se la vena d'acqua che fuoriesce si espande in un'area paludosa, eleocrena (EL). Nel caso di sorgenti totalmente captate, le cui acque non defluiscono mai all'esterno, indicare ambiente esterno assente (AA).

Posizione della sorgente rispetto a rivi attivi a monte: rilevare la presenza di eventuali corsi d'acqua superficiali presenti a monte, al fine di valutare la possibile connessione tra questi e la stessa sorgente. Indicare nell'apposito spazio il numero codificato corrispondente all'intervallo di distanza che separa la sorgente dallo scorrimento superficiale, a partire da una sorgente localizzata all'interno dell'alveo del corso d'acqua (1), fino ad una distanza superiore ai 100 metri o assenza di rivi (5). Con "rivi attivi" s'intendono i corsi d'acqua con scorrimento perenne, e quelli semiperenni che durante l'arco dell'anno possono avere alcuni brevi periodi di secca, per esempio durante la stagione estiva.

Posizione della sorgente rispetto a impluvi con scorrimenti a monte non perenni: rilevare la presenza di eventuali impluvi a monte in cui lo scorrimento sia anche temporaneo, al fine di valutare il percorso e il deflusso delle acque in caso di precipitazioni meteoriche o nell'eventualità più estrema di piogge torrenziali, con conseguente dilavamento dei terreni circostanti e potenziale passaggio della lama d'acqua entro il manufatto o l'emergenza idrica non captata. Indicare nell'apposito spazio il numero codificato corrispondente alla distanza che separa la sorgente dall'impluvio, a partire da una sorgente localizzata all'interno dell'impluvio (1), fino ad una

distanza superiore ai 100 metri o assenza di impluvi (5).

Manufatto: indicare quando l'opera è totalmente chiusa e dotata di sistemi di comunicazione con l'ambiente esterno a protezione efficace (presenza di guarnizioni, griglie a maglie fini, etc.) (TC); quando l'isolamento è imperfetto, ovvero l'opera di comunicazione (porta, sportello, botola) è sprovvista di guarnizioni, la chiusura è difettosa o sono presenti modeste fessure (es. griglie a maglie superiori a 0,5 mm) (CI); quando il manufatto è aperto o il sistema di chiusura non svolge alcuna opera protettiva e/o sono presenti ampie aperture (PC); quando il manufatto è accessorio ed esterno, non ha funzioni protettive dell'emergenza idrica ma interessa la zona circostante alla scaturigine, come nel caso di trogoli, lavatoi, fontane, vasche aperte (MR); assenza di manufatto, ovvero scaturigine in condizioni naturali o seminaturali (come modesti interventi in pietra) (MA).

Captazione: campo relativo all'effettivo prelievo idrico. Se è presente un manufatto artificiale con derivazione del flusso, indicare captazione totale (CT) nel caso in cui venga captata l'intera portata della sorgente e il flusso sia completamente derivato; captazione totale con dispersione (CD) quando l'acqua si disperde, in parte, intorno al manufatto; (CZ) quando la captazione del flusso è totale ma l'acqua è derivata solo parzialmente e la parte restante è scaricata in prossimità dell'emergenza; (CP) quando la captazione è parziale, quindi solo una parte del flusso è captata. Infine, (NC) se il flusso idrico non è captato, nel caso di sorgenti naturali o provviste di opera di presa non attiva.

Litologia: indicare, in ordine di prevalenza (separate dal simbolo "-") o di rapporto stratigrafico (separate dal simbolo "/"), le due principali tipologie litologiche che interessano l'area di alimentazione e di venuta a giorno della sorgente, secondo le voci codificate.

Alterazioni del substrato: indicare se

lo sgorgo idrico nell'ultimo tratto di scorrimento, prima della venuta a giorno, attraversa: roccia compatta (RC); roccia alterata, ossia roccia soggetta a fenomeni di sgretolamento/disgregazione ma di spessore contenuto e comunque immediatamente a contatto con roccia compatta (RA); detrito di falda, spessore più rilevante di terreno detritico derivante dall'accumulo di roccia che ha già compiuto un processo di alterazione, generalmente segnalato nelle carte geologiche come morene, paleofrane, coltri eluvio-colluviali (DF); alluvioni, terreno alluvionale derivante dall'accumulo di sedimenti incoerenti (AL).

SINTESI RILIEVI

Riportare nell'intestazione il codice della sorgente e la denominazione del punto di rilevamento già indicato nel modello SORG - parte generale -, e la data in cui vengono effettuati i campionamenti.

Prima sezione Siti dell'esame biologico

Siti campionati totali N.: per sito campionato s'intende il luogo, all'interno o all'esterno della sorgente, in cui si esegue il campionamento; nello spazio a disposizione riportare il numero totale di siti in cui è stato condotto il campionamento.

Sito campionato (Fig. 2): i possibili siti che si possono incontrare sono elencati di seguito e ad ognuno corrisponde una sigla che dovrà essere riportata nella casella relativa al "Sito campionato": SC: scaturigine accessibile, il tratto più a monte accessibile sullo scorrimento idrico (punto di emergenza naturale, rinaturalizzato o anche artificializzato dopo un intervento per intercettare la vena idrica, ma ancora facilmente praticabile e, quindi, campionabile); ST: scaturigine da tubo, quando la scaturigine viene interamente occlusa e l'acqua è convogliata al manufatto attraverso una tubazione di piccolo diametro, dove il tubo d'arrivo rappresenta il punto più a monte campionabile con idonea strumentazione.

zione; VA: vasca di arrivo, prima vasca di raccolta all'interno o all'esterno della captazione; SV: scaturigine con vasca arrivo, quando la vena sorgiva affiora sul fondo o entro la vasca (scaturigine sommersa, non campionabile separatamente dalla vasca); VS: vasche successive, vasche, nel manufatto captativo, che seguono la prima vasca di decantazione; CV: captazione a valle della scaturigine, quando, prima della captazione, si ha uno scorrimento superficiale che segue la scaturigine; SI: scorrimenti interni, scorrimenti successivi alla scaturigine, all'interno dell'opera di presa o di una cavità artificiale o naturale; SE: scorrimenti esterni, deflussi della sorgente all'esterno dell'opera di presa (troppopieni o copiose perdite); PA: permeazioni adiacenti, piccole perdite o infiltrazioni dalla captazione o adiacenti alla sorgente; RA: rivi adiacenti, acque superficiali prossime alla sorgente; VR: vasca lungo la rete, vasca di raccolta in un manufatto a valle di quello captativo (lungo la rete dell'acquedotto).

Nel tratto iniziale di una singola emergenza idrica, i siti SC e ST sono alternativi, così come la presenza del sito SV esclude entrambi i siti SC (o ST) e VA; si potranno quindi avere le seguenti situazioni: SC + VA o ST + VA o

SV.

Sono previsti fino a tre punti diversi, che vanno elencati da monte verso valle; se necessario aggiungere altri siti. In corrispondenza di ciascun sito campionato sono riportati i campi delle due analisi del modello BIOL, che devono essere contrassegnati nel momento in cui si effettua il campionamento del benthos e/o del sedimento.

Seconda sezione

Altri rilievi riguardanti l'emergenza idrica

In questa sezione i campi elencati si riferiscono a ulteriori rilevamenti sul territorio, da riportare su modelli separati, che vengono svolti come corollario al campionamento o che possono essere eseguiti durante il sopralluogo. A differenza delle altre sezioni, per ciascun campo si deve barrare con una crocetta la casella corrispondente alle risposte "Si" e "No", in base all'avvenuto rilevamento o meno. Inoltre, è riportato il riferimento al relativo modello in cui sono registrati tali dati e che deve essere compilato; per i parametri fisico-chimici e idrologici è necessario specificare anche il sito di indagine (vedi sezione "siti dell'esame biologico").

La titolarità della concessione, l'uso delle acque (potabile, industriale, agricolo), etc., sono riportati unitamente ad altri dati anagrafici su apposito modello.

Terza sezione

Campionamenti per esami di laboratorio

Anche in questa sezione in corrispondenza dei campi riferiti ai prelievi per le analisi chimiche e batteriologiche vi sono degli appositi spazi, da barrare con una crocetta in base all'avvenuto prelievo del campione d'acqua ("Si") o meno ("No"). Indicare, inoltre, il numero del referto di prova del laboratorio, il sito presso il quale il prelievo idrico è stato condotto e la sigla del profilo analitico che il laboratorio segue per condurre le analisi.

Note: spazio relativo ad eventuali osservazioni; segnalare ad esempio la particolare tipologia della sorgente nel caso di emergenze atipiche come le sorgenti artesiane o altre note specifiche legate all'ambiente.

I Rilevatori: annotare i cognomi e nomi degli operatori che hanno effettuato il sopralluogo e/o il campionamento.

ISTRUZIONE OPERATIVA AL MODELLO BIOL

Il modello "BIOL" è composto di due parti: la prima suddivisa in 3 sezioni, comprendenti diversi campi, che caratterizzano il campionamento e il relativo campione raccolto, la seconda (da "esame del benthos" in poi) predisposta per i risultati dell'analisi del campione. Ogni campo va compilato integralmente in base alle spiegazioni sotto indicate.

N.B.: una sorgente in cui si effettua, ad esempio, un campionamento in più siti distinti, presenterà un solo modello SORG - sintesi rilievi - (un punto d'acqua) e tanti modelli BIOL quanti sono i siti campionati; quindi ad ogni modello BIOL corrisponde un solo sito di campionamento indicato nel modello SORG.

PRIMA PARTE

Prima sezione

Identificazione del sito

Le prime due righe della scheda identificano i dati relativi alla sorgente (come dalla scheda SORG) ed al campionamento (data e sito di campionamento).

Codice: riportare lo stesso codice indicato nel modello SORG corrispondente, seguito dalla denominazione della sorgente.

Campionamento del: riportare la data in cui è stato effettuato il campionamento.

Sito campionato: questo campo è ripreso dalla prima sezione del modello SORG - sintesi rilievi, pertanto va compilato nello stesso modo: nella prima casella indicare la lettera prestampata corrispondente al sito campionato riportato nel modello SORG; nella casella seguente deve essere indicata la codifica del sito, come riportato nello stesso modello.

Seconda sezione

Caratteristiche del sito

Per ognuno dei campi che seguono, in

questa e nella successiva sezione, lo spazio previsto va compilato con la relativa codifica (numero o sigla letterale).

Velocità della corrente: valutare la velocità della corrente nel sito del campionamento, facendo riferimento alle seguenti codifiche: quasi assente, se si ha scorrimento o rimescolamento quasi impercettibile (1); debole, se il movimento dell'acqua risulta essere lento (2); media, quando la velocità è sensibile ma non elevata, con scorrimento laminare o poco turbolento (3); notevole, se la corrente è elevata e il flusso turbolento (4).

Luminosità: valutare l'intensità in base alle seguenti codifiche: assente, quando non è visibile alcuna presenza di luce (1); molto debole, se è appena visibile l'ambiente campionato (2); sensibile, quando l'intensità luminosa è ridotta rispetto all'esterno (3); normale, se la differenza rispetto all'esterno è irrilevante (4). Nella valutazione di questo parametro, se il sito investigato è racchiuso da un manufatto o è un ambiente ipogeo (grotta, miniera, etc.), occorre verificare la presenza di luce all'interno del sito in condizioni indisturbate (con porta o botola chiusa), osservando eventuali infiltrazioni dei raggi luminosi attraverso tutte le aperture. Nel caso in cui non sia presente alcuna opera di captazione la luminosità sarà sempre normale (4).

Substrati prevalenti: riportare le tre tipologie prevalenti, in ordine di dominanza. Fra le tipologie di substrato sono elencate sia le pareti artificiali (P) se è presente un manufatto, sia le tipologie granulometriche elementari del substrato litoide, quali massi o roccia (oltre 265 mm, M); ciottoli (compresi tra 64 e 265 mm, C); ghiaia (tra 2 e 64 mm, G); sabbia (tra 0,06 e 2 mm e tessitura granulosa, se sfregata tra le dita, S); limo (inferiore a 0,06 mm, L), sia la componente organica, detrito decomposto vegetale (D) o animale (A). Tra i substrati organici costituiti in prevalenza da vegetali, distinguere,

quando possibile: radici (R), foglie (F), briofite (B) e alghe (H).

Terza sezione

Caratteristiche del campionamento

Modalità di raccolta: indicare nell'apposito spazio la o le modalità con cui è stato eseguito il campionamento, se a vista (VI), con retino da macrobenthos (RA) o da microbenthos (RI), con retino da drift per macrobenthos (DA) o per microbenthos (DI).

Significatività: per il benthos valutare, in base allo sforzo di campionamento (accessibilità e ampiezza del sito campionato, durata del campionamento), alla quantità di sedimento esaminato per l'estrazione degli organismi, e ad eventuali altri fattori di alterazione naturali o antropici, la significatività del risultato, distinguendo tra: insufficiente, quando le condizioni di campionamento e i risultati non permettono di avere neppure un giudizio indicativo sul popolamento (1); incerto, se i risultati appaiono incompleti nel valutare il popolamento (2); sufficiente, quando i risultati possono essere considerati rappresentativi della biocenosi (3); rilevante, se lo sforzo di campionamento e l'analisi faunistica ottenuta appaiono molto completi (4). Per il sedimento valutare, con gli stessi criteri, la rappresentatività dei resti di origine animale e vegetale, riportando il risultato soprattutto al volume di sedimento campionato e alla rappresentatività di quest'ultimo (ovviamente è più idoneo il substrato a granulometria fine depositatosi di recente, in zone a corrente debole).

Quarta sezione

Caratteristiche del campione

Volume sedimento campionato: indicare nell'apposito spazio la quantità, espressa in mL, di sedimento raccolto, non ancora filtrato, lasciandolo sedimentare per alcuni minuti in un contenitore graduato per allontanare la presenza dell'acqua in eccesso.

Granulometria prevalente (frazione minerale): annotare nell'apposito spazio la codifica corrispondente alla tipologia granulometrica dominante sulla frazione inorganica presente sul totale del campione, facendo riferimento a quelle di seguito elencate: ghiaia (G), sabbia (S), limo (L).

Frazione organica: valutare ed indicare nell'apposito spazio la quantità di frazione organica (detrito vegetale e animale) rispetto alla frazione minerale, sul totale del campione, facendo riferimento alle seguenti codifiche numeriche: assente (1); rara, se inferiore al 2 % (2); scarsa, se compresa tra il 2 e 5 % (3); frequente, se compresa tra 5 e 20 % (4); abbondante, se tra 20 e 50 % (5); dominante, se maggiore del 50 % (6).

Anaerobiosi: indicare la presenza di substrato anaerobico (annerimento della faccia inferiore dei massi e dei ciottoli, nei punti a debole corrente o presenza di fango e limo nerastri e maleodoranti, con odore di uova marce, dovuti all'azione di solfobatteri), con riferimento alla seguente scala: assente (1), scarsa (2), media (3), notevole (4).

Note: indicare eventuali osservazioni relative al campionamento, come la durata, l'area campionata, etc.

SECONDA PARTE

La seconda parte del modello BIOL è predisposta per riportare i risultati dell'esame del benthos (prima sezione) e del sedimento (seconda sezione). Si compone di tre tabelle: la prima

relativa agli organismi campionati, la seconda e la terza relative all'esame del sedimento, separatamente per la componente organica di origine vegetale e per quella di origine animale.

Prima sezione Esame del benthos

La tabella è divisa in sei colonne. Nella prima colonna vanno elencati, uno per ogni riga, i taxa reperiti; nelle tre colonne successive va annotato il numero di esemplari ritrovati (se numerosi, approssimare alla decina di unità), separatamente per quelli individuati in situ (seconda colonna), nel subcampione da 100 µm (terza colonna), in quello da 500 µm (quarta colonna). Nella quinta colonna, indicare il numero totale di individui ottenuto dalla somma di quelli riportati nelle colonne precedenti. L'ultima colonna si riferisce alla frequenza del taxon in esame in relazione allo sforzo di prelievo. Ad esempio, per un campionamento di media significatività (sufficiente): raro (R), in genere 1 o 2 individui; scarso (S), mediamente da 3 fino a 10 esemplari; frequente (F), da 10 a 25 individui; abbondante (A) se maggiore di 25. Per campionamenti meno significativi o molto approfonditi ridurre o ampliare la scala in proporzione allo sforzo di prelievo.

Seconda sezione Esame del sedimento

La prima tabella, composta da quattro colonne, riporta i resti di origine vegetale presenti nel sedimento. Nella prima colonna sono elencate le principali componenti che solitamente si riscontrano. Per ogni voce riportare una sti-

ma quantitativa, articolata nelle quattro classi di frequenza in base alla percentuale presente sul volume totale del sedimento: raro, se inferiore al 2 % (1); scarso, se compreso tra 2 e 5 % (2); frequente, se tra 5 e 20 % (3); abbondante, se maggiore del 20 % (4). Il giudizio va indicato separatamente per i diversi subcampioni, mentre nell'ultima colonna va riportata la stima riferita al campione globale.

La seconda tabella, composta da sei colonne, è predisposta per valutare la componente di origine animale presente nel sedimento, raggruppata nelle categorie principali. Queste comprendono organismi acquatici che al momento del campionamento non sono più presenti ma lasciano tracce della loro colonizzazione (conchiglie di molluschi acquatici, gusci di ostracodi, foderi di tricoteri o di chironomidi, etc.) e altri non tipici dell'ambiente acquatico (molluschi terrestri endogeni o epigei, artropodi terrestri, etc.). Nella seconda colonna specificare, quando identificato, il taxon riscontrato. Nelle colonne successive, come per la prima tabella sopra descritta, riportare a seconda del subcampione esaminato, il numero di individui raccolti, e successivamente (quinta colonna) il numero totale di tali individui. Nell'ultima colonna riportare la frequenza del taxon in esame, articolata in quattro classi (raro, scarso, frequente, abbondante), facendo riferimento a quanto già espresso per la spiegazione alla tabella "esame del benthos".

L'Analista: annotare il cognome e nome dell'operatore che ha eseguito la prova analitica.

Allegato 4 - Tabelle relative ai tre indicatori biologici

STRUTTURA DELLA BIOCENOSI IN RELAZIONE ALL'INQUINAMENTO PER ACQUE SORGIVE	
DESCRIZIONE DELL'INDICATORE	Analisi della struttura della comunità bentonica dell'ambiente di sorgente.
METODI DI MISURA	Riconoscimento a livello di taxa (specie o genere). Per il giudizio vedi tabella relativa alla biocenosi di riferimento.
SCOPO DELL'INDICATORE	Valutazione della qualità dell'acqua di sorgente in relazione al livello di inquinamento, sulla base dell'esame della comunità bentonica.
UNITÀ DI MISURA	Analisi qualitativa della composizione della biocenosi.
COPERTURA GEOGRAFICA DEI DATI	Nord Italia, Abruzzo (Gran Sasso e F. Vomano).
PERIODO DI RIFERIMENTO DEI DATI	1970-2001.
DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	PEZZOLI, 1984, 1985, 1988, 1989. PESCE, 1996. RIPERT, 1998. BODON e Gaiter, 1989, 1995. STOCH, 2001.
OSSERVAZIONI E COMMENTI	I lavori sulla fauna di acque sorgive italiane sono piuttosto carenti riguardo gli aspetti relativi ai rapporti tra gli organismi e l'inquinamento delle acque. Pertanto le informazioni citate, desunte dalla letteratura disponibile, sono solo generiche e indicative.
Tabella relativa alla biocenosi di riferimento	
• Acque di buona qualità o poco inquinate	Presenza di specie stigobie e/o stigofile, Molluschi Hydrobiidae (<i>Iglica</i> , <i>Graziana</i> , <i>Bythinella</i>); elevato numero di taxa di Copepodi e presenza di <i>Parastenocaris</i> e <i>Elaphoidella</i> .
• Acque inquinate	Rarefazione di Molluschi Hydrobiidae (<i>Graziana</i>); presenza di Molluschi Polmonati (<i>Lymnaea peregra</i> , <i>L. truncatula</i> , <i>Ancylus</i>); presenza di Anfipodi (<i>Niphargus</i>), rarefazione e scomparsa di specie esigenti, aumento delle specie tolleranti, comparsa di specie epigee di maggior livello saprobico.
• Acque fortemente inquinate	Scomparsa della fauna creno- e stigobionte; scomparsa di Molluschi Hydrobiidae (<i>Bythinella</i> e <i>Graziana</i>); presenza di Oligocheti Enchytraeidae, Bivalvi <i>Pisidium</i> , Ditteri Ptychopteridae.

STRUTTURA DELLA BIOCENOSI E DELLA TANATOCENOSI COME DESCRITTORE IDROLOGICO PER ACQUE SORGIVE	
DESCRIZIONE DELL'INDICATORE	Analisi della struttura della comunità bentonica e della tanatocenosi dell'ambiente di sorgente.
METODI DI MISURA	Riconoscimento a livello di taxa (specie o genere). Per il giudizio vedi tabella relativa alla biocenosi e alla tanatocenosi di riferimento.
SCOPO DELL'INDICATORE	Valutazione della provenienza dell'acqua sorgiva in relazione agli apporti idrici (acque di falda o ipogee, acque di scorrimento esterno o superficiale, acque di origine mista).
UNITÀ DI MISURA	Analisi qualitativa della composizione della biocenosi.
COPERTURA GEOGRAFICA DEI DATI	Liguria.
PERIODO DI RIFERIMENTO DEI DATI	1988-2000.
DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	BODON e GAITER, 1989, 1995.
OSSERVAZIONI E COMMENTI	I lavori sulla fauna di acque sorgive italiane sono piuttosto carenti riguardo gli aspetti relativi ai rapporti tra gli organismi e l'origine delle acque. Pertanto le informazioni citate, desunte dalla letteratura disponibile, sono solo generiche e indicative. Bisogna tuttavia considerare che la comunità che colonizza l'ambiente della sorgente è strettamente dipendente dalle condizioni di illuminazione e dal grado di isolamento con l'ambiente esterno. Pertanto, nelle sorgenti captate, si realizzano condizioni ambientali tali da modificare profondamente la struttura della comunità e, in questi casi, il ritrovamento di componenti epigee assume un significato molto maggiore che permette di avere informazioni sull'origine delle acque.
Tabella relativa alla biocenosi e alla tanatocenosi di riferimento	
• Sorgente alimentata solo da acque sotterranee	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza di organismi crenobionti o stigobionti (<i>Bythinella</i>, Hydrobiidae, <i>Niphargus</i>, <i>Proasellus</i>) ▪ Tanatocenosi: presenza di nicchi di molluschi Hydrobiidae stigobionti.
• Sorgente alimentata sia da acque sotterranee che da acque superficiali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza di organismi crenobionti o stigobionti (Hydrobiidae: <i>Avenionia</i>, <i>Bythinella</i>; Crostacei: <i>Niphargus</i>, <i>Proasellus</i>) e presenza di organismi di acque superficiali (<i>Leuctra</i>, Dytiscidae, Philopotamidae, Chironomidae, Ceratopogonidae). ▪ Tanatocenosi: abbondante detrito vegetale, soprattutto di foglie.
• Sorgente alimentata solo da acque superficiali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: assenza di organismi stigobionti o tipici crenobionti; presenza quasi esclusiva di larve di insetti. ▪ Tanatocenosi: assenza di nicchi di molluschi Hydrobiidae crenobionti o stigobionti.

(continua)

(continua)

STRUTTURA DELLA BIOCEENOSI E DELLA TANATOCENOSI COME DESCRITTORE DEL GRADO DI ISOLAMENTO PER CAPTAZIONI DI ACQUE SORGIVE	
DESCRIZIONE DELL'INDICATORE	Analisi della struttura della comunità bentonica e della tanatocenosi dell'ambiente di sorgente.
METODI DI MISURA	Riconoscimento a livello di taxa (specie, genere o gruppi superiori). Per il giudizio vedi tabella relativa alla biocenosi e alla tanatocenosi di riferimento.
SCOPO DELL'INDICATORE	Valutazione del grado di violabilità del manufatto captativo dall'ambiente esterno circostante e di vulnerabilità dell'ultimo tratto di scorrimento sotterraneo, prossimo alla scaturigine.
UNITÀ DI MISURA	Analisi qualitativa della composizione della biocenosi e della tanatocenosi.
COPERTURA GEOGRAFICA DEI DATI	Liguria.
PERIODO DI RIFERIMENTO DEI DATI	1988-2000.
DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	BODON e CAITER, 1995.
OSSERVAZIONI E COMMENTI	I lavori sulla fauna di acque sorgive italiane sono piuttosto carenti riguardo gli aspetti biologici relativi al grado di protezione della risorsa. Pertanto le informazioni citate, desunte dalla letteratura disponibile, sono solo generiche e indicative. Bisogna tuttavia tenere presente che la comunità che colonizza l'ambiente della sorgente è strettamente dipendente dalle condizioni di illuminazione. Pertanto, nelle sorgenti captate, si realizzano condizioni ambientali tali da modificare profondamente la struttura della comunità e, nel caso di ambienti bui, il ritrovamento di componenti epigee assume un significato molto più rilevante nel fornire informazioni sul grado di protezione delle acque.
Tabella relativa alla biocenosi e alla tanatocenosi di riferimento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sorgente ben protetta dall'ambiente esterno e falda isolata dal terreno nell'ultimo tratto di scorrimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza quasi esclusiva di organismi crenobionti o stigobionti (<i>Bythinella</i>, Hydrobiidae, <i>Niphargus</i>, <i>Proasellus</i>); scarsa biomassa. ▪ Tanatocenosi: scarso detrito vegetale, presenza di soli resti di elementi cavernicoli e pochi elementi endogei.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sorgente poco protetta dall'ambiente esterno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza consistente anche di organismi non stigobionti o tipici crenobionti (larve di insetti); aumento della biomassa per maggiore disponibilità trofica (detrito). ▪ Tanatocenosi: abbondante detrito vegetale (soprattutto detrito di foglie); presenza consistente di semi, di resti di artropodi terrestri e di altri elementi epigei (di lettiera o suolo).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sorgente alimentata da falda non isolata dal terreno nell'ultimo tratto di scorrimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza quasi esclusiva di organismi crenobionti o stigobionti; aumento della biomassa per maggiore disponibilità trofica (detrito). ▪ Tanatocenosi: abbondante detrito vegetale (soprattutto detrito di radici); presenza consistente di elementi endogei.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sorgente poco protetta e alimentata da falda non isolata 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biocenosi: presenza consistente anche di organismi non stigobionti o tipici crenobionti (larve di insetti); aumento della biomassa per maggiore disponibilità trofica (detrito). ▪ Tanatocenosi: abbondante detrito vegetale; presenza consistente di semi, di resti di artropodi terrestri, altri elementi epigei ed endogei.