



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Implementazione della Direttiva 2000/60/CE

Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici

versione 1.1

Roma, agosto 2011

In copertina: fiume Cecina a Ponte Ginori - 3 settembre 2009 (foto di Barbara Lastoria)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Implementazione della Direttiva 2000/60/CE

Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici

versione 1.1

Questo documento è stato redatto dal Gruppo di Lavoro coordinato da:

Martina Bussetini

ISPRA - Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine - Servizio Monitoraggio e Idrologia delle Acque Interne - Settore Idrologia

e

Massimo Rinaldi

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze

e costituito da:

per il **Capitolo 1. Regime Idrologico:**

Martina Bussetini, Barbara Lastoria, Giovanni Braca, Stefano Mariani e Saverio Venturelli

ISPRA - Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine - Servizio Monitoraggio e Idrologia delle Acque Interne - Settore Idrologia

per il **Capitolo 2. Condizioni Morfologiche:**

Massimo Rinaldi^a, Nicola Surian^b e Francesco Comiti^c

^a *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze*

^b *Dipartimento di Geografia, Università di Padova*

^c *Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano*

e

Martina Bussetini, Barbara Lastoria, Giovanni Braca, Francesca Piva e Saverio Venturelli

ISPRA - Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine - Servizio Monitoraggio e Idrologia delle Acque Interne - Settore Idrologia

Citare questo documento come segue:

ISPRA, 2011, *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici. Versione 1.1.* Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma

Questo documento è disponibile all'indirizzo www.sintai.sinanet.apat.it/view/index.faces

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento.

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine

Servizio Monitoraggio e Idrologia delle Acque Interne

Settore Idrologia

Via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma

Via Curtatone 3, 00185 Roma

www.isprambiente.it

Riproduzione autorizzata citando la fonte

INDICE

| | |
|--|-----------|
| <i>Premessa</i> | <i>iv</i> |
| <i>Caratterizzazione idromorfologica iniziale</i> | <i>iv</i> |
| 1. REGIME IDROLOGICO | |
| 1.1 Generalità | 1 |
| 1.2 Metodi per la valutazione dell’alterazione del regime idrologico | 2 |
| 1.3 Modello concettuale del sistema idrologico | 3 |
| <i>1.3.1. Portata liquida</i> | <i>3</i> |
| <i>1.3.2. Precipitazioni e temperatura</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3.3. Prelievi, immissioni e regolazioni</i> | <i>4</i> |
| <i>1.3.4. Volumi scambiati con i corpi idrici sotterranei</i> | <i>4</i> |
| 1.4 Metodologia di valutazione dello stato del regime idrologico | 4 |
| <i>1.4.1. Regime idrologico naturale di riferimento</i> | <i>5</i> |
| <i>1.4.2. Criteri informativi delle procedura</i> | <i>5</i> |
| <i>1.4.3. Caratteristiche delle procedura</i> | <i>6</i> |
| <i>1.4.4. Articolazione della procedura</i> | <i>6</i> |
| 1.4.4.1. FASE PRELIMINARE – ANALISI DELLE PRESSIONI SUL REGIME IDROLOGICO..... | 7 |
| 1.4.4.1.1. Pressioni significative o non trascurabili | 7 |
| 1.4.4.1.2. Pressioni nulle o trascurabili | 8 |
| 1.4.4.2. FASE 1: VALUTAZIONE DELL’INDICE IARI..... | 8 |
| 1.4.4.2.1. Valutazione dello IARI per sezione con disponibilità di dati “sufficiente” | 9 |
| 1.4.4.2.2. Valutazione dello IARI per sezione con disponibilità di dati “scarsa” | 15 |
| 1.4.4.2.3. Valutazione dello IARI per sezione con disponibilità di dati “nulla” | 17 |
| 1.4.4.3. FASE 2: APPROFONDIMENTO DELLA CRITICITÀ | 18 |
| 1.4.4.3.1. Approfondimento della criticità per sezione con disponibilità di dati “sufficiente” | 19 |
| 1.4.4.3.2. Approfondimento della criticità per sezione con disponibilità di dati “scarsa” | 19 |
| 1.4.4.3.3. Approfondimento della criticità per sezione con disponibilità di dati “nulla” | 19 |
| <i>1.4.5. Alterazione per effetto di cambiamenti climatici</i> | <i>19</i> |
| <i>1.4.6. Estensione dello IARI al corpo idrico</i> | <i>19</i> |
| 2. CONDIZIONI MORFOLOGICHE | |
| 2.1 Struttura metodologica | 21 |
| 2.2 Inquadramento e suddivisione dei corsi d’acqua in tratti | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.1. STEP 1 – Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche | 26 |
| 2.2.2. STEP 2 – Definizione del grado di confinamento | 28 |
| 2.2.3. STEP 3 – Definizione della morfologia dell'alveo | 29 |
| 2.2.3.1. CLASSIFICAZIONE DEI CORSI D'ACQUA NON CONFINATI E SEMICONFINATI.... | 31 |
| 2.2.3.2. CLASSIFICAZIONE DEI CORSI D'ACQUA CONFINATI..... | 32 |
| 2.2.3.2.1. Classificazione di II° livello..... | 32 |
| 2.2.3.2.2. Altri dati per la caratterizzazione morfologica del tratto | 33 |
| 2.2.4. Definizione della Tipologia fluviale | 34 |
| 2.2.5. STEP 4 – Suddivisione finale in tratti..... | 34 |
| 2.3 Valutazione dello stato attuale dei corsi d'acqua | 35 |
| 2.3.1. Classificazione dello stato morfologico attuale | 36 |
| 2.4 Attribuzione dei punteggi e sintesi delle informazioni..... | 37 |
| 2.5 Descrizione degli indicatori | 40 |
| 2.5.1. Funzionalità | 40 |
| 2.5.1.1. CONTINUITÀ..... | 40 |
| 2.5.1.2. MORFOLOGIA | 42 |
| 2.5.1.3. VEGETAZIONE NELLA FASCIA PERIFLUVIALE..... | 46 |
| 2.5.2. Artificialità | 48 |
| 2.5.2.1. OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LONGITUDINALE A MONTE | 48 |
| 2.5.2.2. OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LONGITUDINALE NEL TRATTO.. | 49 |
| 2.5.2.3. OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITÀ LATERALE..... | 51 |
| 2.5.2.4. OPERE DI ALTERAZIONE DELLA MORFOLOGIA E/O DEL SUBSTRATO..... | 51 |
| 2.5.2.5. INTERVENTI DI MANUTENZIONE E PRELIEVO..... | 52 |
| 2.5.3. Variazioni morfologiche | 54 |
| 2.6 MONITORAGGIO MORFOLOGICO | 56 |
| 2.6.1. Tipi di monitoraggio morfologico | 56 |
| 2.6.2. Monitoraggio strumentale | 57 |
| 2.6.2.1. IMPOSTAZIONE GENERALE DEL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO | 57 |
| 2.6.2.2. MONITORAGGIO DEGLI ELEMENTI MORFOLOGICI NATURALI | 60 |
| 2.6.2.2.1. Continuità..... | 60 |
| 2.6.2.2.2. Configurazione morfologica | 61 |
| 2.6.2.2.3. Configurazione della sezione | 63 |
| 2.6.2.2.4. Struttura e substrato dell'alveo | 64 |
| 2.6.2.2.5. Vegetazione nella fascia perfluviale | 66 |
| 2.6.2.3. MONITORAGGIO DEGLI ELEMENTI ARTIFICIALI..... | 66 |
| 2.6.2.3.1. Dighe..... | 67 |
| 2.6.2.3.2. Altre opere di alterazione delle portate liquide e/o solide (diversivi o scolmatori, derivazioni, casse di espansione) | 67 |
| 2.6.2.3.3. Opere trasversali di trattenuta o derivazione..... | 68 |
| 2.6.2.3.4. Opere trasversali di consolidamento | 69 |
| 2.6.2.3.5. Opere di attraversamento | 69 |
| 2.6.2.3.6. Difese di sponda..... | 69 |
| 2.6.2.3.7. Arginature | 70 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.2.3.8. Variazioni di tracciato o modifica di forme fluviali nella pianura..... | 70 |
| 2.6.2.3.9. Variazioni areali della fascia erodibile..... | 70 |
| 2.6.2.3.10. Rivestimenti del fondo..... | 71 |
| 2.6.2.3.11. Interventi di rimozione di sedimenti e/o ricalibratura dell'alveo..... | 71 |
| 2.6.2.3.12. Interventi di rimozione del materiale legnoso in alveo..... | 71 |
| 2.6.2.3.13. Taglio di vegetazione nella fascia perifluviale..... | 71 |
| 2.6.3. Ulteriori elementi per l'analisi ed il monitoraggio..... | 72 |
| 2.6.3.1. PORTATE SOLIDE..... | 72 |
| 2.6.3.2. USO DEL SUOLO..... | 72 |

3. BIBLIOGRAFIA

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Riferimenti – Regime idrologico..... | 73 |
| 3.2 Riferimenti – Condizioni morfologiche..... | 74 |

Premessa

I processi idromorfologici, che condizionano l'assetto dei corsi d'acqua, devono essere valutati, ai sensi della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (*Water Framework Directive* o WFD: [EUROPEAN COMMISSION, 2000](#)), attraverso l'analisi e la valutazione di un insieme di aspetti, ciascuno dei quali descritto da una serie di parametri e/o indicatori:

1. regime idrologico (quantità e variazione del regime delle portate misurate, interazione con i corpi idrici sotterranei);
2. continuità fluviale (entità ed estensione degli impatti di opere artificiali sul flusso di acqua, sedimenti e biota) e
3. condizioni morfologiche (portate solide, configurazione morfologica plano-altimetrica, configurazione delle sezioni fluviali, configurazione e struttura del letto, vegetazione nella fascia perifluviale).

A livello metodologico si è scelto di trattare l'aspetto della continuità assieme a quello delle condizioni morfologiche.

La valutazione combinata di tali aspetti consente di classificare lo stato idromorfologico dei corpi idrici fluviali e, in particolare, di determinarne lo stato *elevato*, caratterizzato cioè da quelle condizioni idromorfologiche che esisterebbero, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente (*condizioni di riferimento*).

Oltre alla classificazione, la valutazione di tali aspetti ha come scopo la costruzione del quadro conoscitivo necessario a:

- valutare le alterazioni idromorfologiche che possono compromettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali;
- progettare le misure di riqualificazione necessarie a raggiungere gli obiettivi ambientali e predisporre l'attuazione all'interno dei piani di gestione;
- verificare l'efficienza e l'efficacia di tali misure nel tempo;
- individuare e designare i corpi idrici fortemente modificati o artificiali.

Ciascuno degli aspetti idromorfologici sopra elencati verrà valutato attraverso metodi differenti. Si sottolinea il carattere iterativo del processo conoscitivo e di sviluppo dei metodi valutativi: le valutazioni relative a ciascun aspetto verranno effettuate, pertanto, sulla base dei metodi a disposizione e del livello di dettaglio consentito dalle informazioni disponibili, alle scale temporali e spaziali più appropriate così come di seguito specificate.

Nel seguito, quindi, i metodi di analisi e valutazione di tali aspetti saranno trattati separatamente.

I giudizi che ne deriveranno saranno poi combinati assieme per fornire la classificazione finale.

Caratterizzazione idromorfologica iniziale

Nella fase di caratterizzazione iniziale, effettuata ai sensi dell'art. 1.1 del *D.M. 131/06*, sulla base:

- delle indicazioni contenute nell'Allegato Tecnico al suddetto decreto;
- delle indicazioni ed informazioni contenute nei Piani di Bacino e nei Piani di Tutela delle Acque, redatti rispettivamente dalle Autorità di Bacino e dalle Regioni ai sensi del *D. Lgs. 152/06* e del *D.M. 28.07.2004*,

viene eseguita una prima rappresentazione dello stato fisico dei sistemi idrografici e delle pressioni insistenti sui relativi bacini.

La sistematizzazione di tali informazioni in un modello concettuale del sistema idrografico consente di conoscerne il funzionamento in ciascun nodo idraulico, reale o virtuale, inclusi gli scambi tra i corpi idrici superficiali e sotterranei, e di poter stimare, con l'approssimazione imposta dal dettaglio del modello stesso, i parametri necessari alla valutazione dello stato dei processi nonché gli impatti di possibili scenari.

Si ricorda che i Piani di Bacino ed i Piani di Tutela delle Acque contengono già le procedure ed i dati necessari alla stima delle portate (almeno nei punti significativi del reticolo idrografico) e alla determinazione del bilancio idrico di bacino. Inoltre, negli stessi atti pianificatori, è contenuta una caratterizzazione dei corpi idrici e la conseguente individuazione delle principali criticità (es. stress idrico, accentuazione di tendenze erosive/depositive, analisi delle alterazioni idromorfologiche, anche attraverso opportuni indici, ecc.) che può essere utilizzata per l'analisi di rischio conforme alla Direttiva stessa.

1. REGIME IDROLOGICO

1.1 GENERALITÀ

Per “**regime idrologico**” di un corso d’acqua naturale si intende l’insieme delle caratteristiche attese, quantitative e temporali, con cui nel medesimo corso d’acqua si manifestano i deflussi idrici.

La caratterizzazione del regime idrologico relativo ad un determinato intervallo temporale (di norma l’anno) è generalmente effettuata a partire dal diagramma cronologico delle portate o “**idrogramma**” nel quale le portate aggregate ad un’assegnata scala temporale (ad esempio giornaliera), sono riportate nella loro sequenza temporale di accadimento ([Figura 1.1](#)).

La caratterizzazione del regime idrologico può essere effettuata anche a partire dalla cosiddetta “**curva delle durate**” che rappresenta, per ciascun valore di portata, l’intervallo di tempo per il quale lo stesso valore di portata è superato.

Definire il regime idrologico significa quindi riconoscere nel diagramma cronologico o nella curva di durata delle portate elementi caratteristici che possano descrivere, pur nella grande variabilità, il comportamento peculiare, alle diverse scale temporali, delle portate nel corso d’acqua.

È facile intuire che il regime idrologico delle portate è strettamente collegato al regime delle precipitazioni sul bacino idrografico ma molto di più giocano un ruolo fondamentale le modalità con cui il bacino trasforma le precipitazioni in portate. Tali modalità dipendono dalle caratteristiche morfologiche, geologiche, di copertura vegetale e di uso del suolo del bacino.

Una robusta caratterizzazione del regime idrologico è, per quanto detto, fondamentale per poterne evidenziare eventuali modifiche indotte ad opera dell’uomo.

Scopo del presente documento è quello di fornire una procedura operativa per quantificare l’alterazione del regime idrologico per effetto di azioni antropiche.

L’alterazione del regime idrologico per cause antropiche può essere generata principalmente da:

- prelievi (sia in alveo, sia nelle aree di alimentazione) che riducono principalmente le portate di magra o di morbida
- derivazioni per uso idroelettrico
- opere di sbarramento e di invaso
- opere longitudinali di contenimento delle piene
- variazioni d’uso del suolo

e manifestarsi su scale temporali diverse.

È tuttavia difficile separare nella estrema variabilità propria delle portate la componente naturale di questa variabilità da quella indotta dalle attività antropiche.

Infine va sottolineato che nonostante sia ormai ampiamente riconosciuto che l’alterazione del regime delle portate (che comporta di conseguenza anche le variazioni di trasporto dei sedimenti, di flusso di materiale organico, ecc.), costituisce la causa principale del degrado dello stato biologico di un corso d’acqua, la Direttiva 2000/60/CE richiede che, ai fini della classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico, la valutazione dell’alterazione del regime idrologico venga effettuata solamente come supporto alla definizione dello stato ecologico elevato.

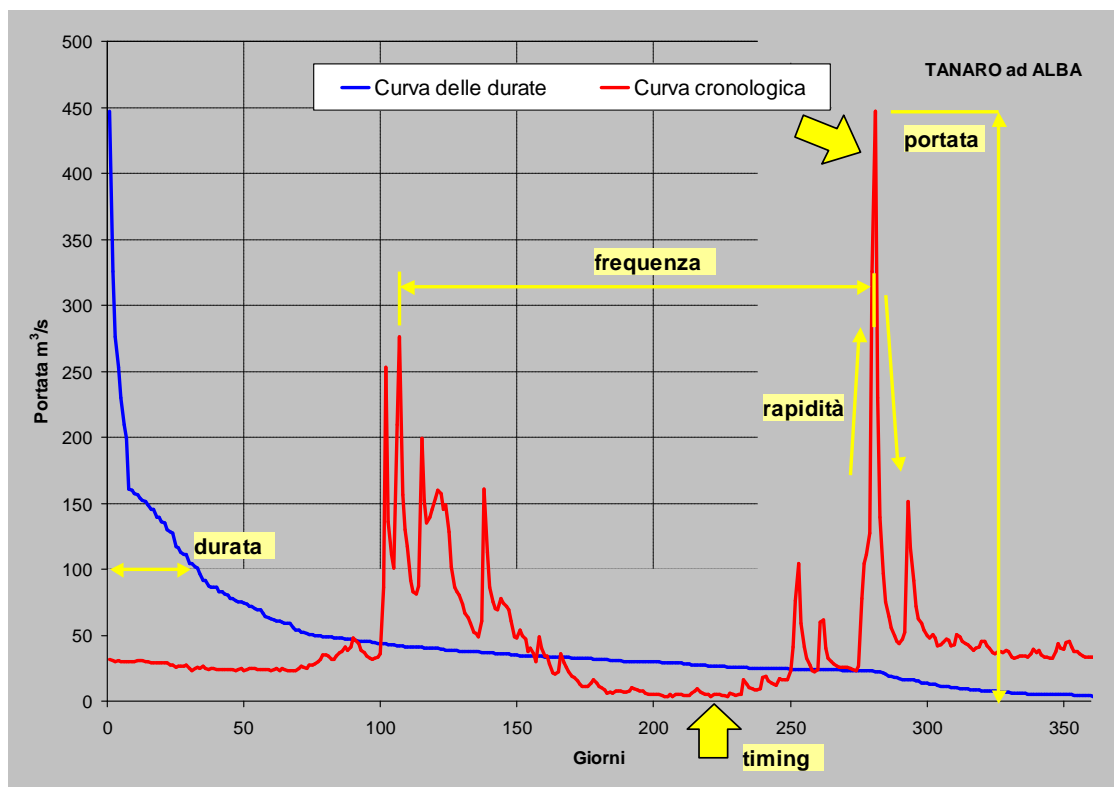


Figura 1.1 – Esempio di diagramma cronologico e della curva di durata delle portate di un corso d’acqua.

1.2 METODI PER LA VALUTAZIONE DELL’ALTERAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO

Identificare e quantificare l’alterazione del regime idrologico di un corso d’acqua costituisce ancora una problematica, la cui soluzione, per la sua elevata complessità, non è del tutto ancora ben consolidata ed è ancora oggi oggetto di ricerca.

È generalmente riconosciuto tuttavia che per un’efficace caratterizzazione del regime idrologico di un corso d’acqua si possano individuare cinque componenti principali del deflusso (*Figura 1.1*):

1. la portata in un dato intervallo di tempo;
2. la frequenza (o tempo di ritorno) di una fissata condizione di deflusso;
3. la durata di una certa condizione di deflusso (numero di giorni in cui un fissato valore di portata viene superato, ecc.);
4. il periodo dell’anno (*timing*) in cui una certa condizione di deflusso si manifesta;
5. la rapidità di variazione da una condizione di deflusso ad un’altra che caratterizza un certo corso d’acqua.

In ambito internazionale sono state sviluppate diverse metodologie per la valutazione dell’alterazione del regime idrologico tra le quali si possono citare:

- *IHA Indicators of Hydrologic Alteration* ([Richter at al., 1996](#), [Richter et al. 2003](#), [The Nature Conservancy, 2009](#));
- *IAHRIS Indices de Alteracion Hidrologica en RIoS* ([CEDEX, 2008](#));
- *HIT Hydrologic Index Tool* del USGS ([Henriksen et al., 2006](#))

Tutte le procedure citate fanno riferimento alle cinque componenti sopraelencate e sono, nelle linee generali, basate sul confronto tra una condizione indisturbata e una condizione alterata, entrambe caratterizzate attraverso il valore assunto da un certo numero di parametri descrittivi dei 5 diversi aspetti del regime idrologico

La metodologia qui proposta è derivata principalmente dall'IHA.

1.3 MODELLO CONCETTUALE DEL SISTEMA IDROLOGICO

L'applicazione della procedura di seguito descritta richiede un'approfondita conoscenza del sistema idrologico e idrogeologico nel quale ricade il corpo idrico in esame.

Ciò si realizza attraverso la costruzione di un modello concettuale del sistema sia per poter stimare le variabili non note sia per poter interpretare i risultati e le misure disponibili ed esprimere, eventualmente, un giudizio qualora la valutazione in prima istanza (come sarà chiarito nel seguito) segnali delle criticità.

In particolare è necessario per una completa caratterizzazione idrologica e idrogeologica disporre delle seguenti informazioni relative al bacino idrografico:

- 1) Limite superficiale;
- 2) Reticolo idrografico
- 3) Modello digitale del terreno (DEM)
- 4) Geologia e idrogeologia
- 5) Pedologia
- 6) Uso del suolo
- 7) Afflussi meteorici
- 8) Temperature
- 9) Portate liquide
- 10) Portate solide
- 11) Climatologia
- 12) Livelli di falda
- 13) Localizzazione ed entità dei prelievi (autorizzati e non)
- 14) Localizzazione e caratteristiche idrauliche di impianti idroelettrici
- 15) Localizzazione e caratteristiche idrauliche degli sbarramenti
- 16) Localizzazione e caratteristiche di opere idrauliche

Di seguito si riportano le caratteristiche di alcuni degli elementi conoscitivi sopraelencati.

1.3.1. Portata liquida

La portata liquida, che, come è noto, è definita come il volume di acqua che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo, costituisce il principale parametro per la definizione dello stato idrologico di un corpo idrico fluviale.

Di norma per le sezioni fluviali dove è installata una stazione di misura della portata, sia diretta che indiretta, si dispone almeno di valori della portata media giornaliera. Le stazioni di monitoraggio installate negli ultimi decenni sono in grado di fornire la portata ad intervalli orari o sub-orari e quindi praticamente in continuo.

In assenza di tale informazione, come sarà illustrato nei paragrafi successivi, è possibile procedere alla valutazione dello stato idrologico mediante l'utilizzo di modellistica idrologica, dalla più semplice alla più sofisticata, che fornisce valori di portata stimati a partire dai valori delle precipitazioni.

La stima e la ricostruzione delle portate può essere effettuata mediante diverse metodologie.

1.3.2. Precipitazioni e temperatura

Precipitazioni e temperatura costituiscono grandezze indispensabili per la stima della portata. Tali grandezze sono, inoltre, necessarie per la valutazione dell'impatto di possibili modificazioni climatiche sul regime idrologico delle portate soprattutto laddove tale impatto non sia riconducibile alle pressioni antropiche presenti.

A tale proposito si cita l'indice *SPI* (*Standardizes Precipitation Index*, [McKee et al., 1993](#)) come determinazione utile per tener conto dell'incidenza della particolare climatologia dell'anno in esame sul regime idrologico delle portate.

I valori di tale indice, relativamente all'area europea, sono pubblicati anche da ISPRA sul *Bollettino mensile di Siccità*, disponibile su sito web ISPRA all'indirizzo http://www.apat.gov.it/pre_meteo/siccitas/.

1.3.3. Prelievi, immissioni e regolazioni

La conoscenza dei dispositivi di regolazione dei deflussi e la distribuzione spazio-temporale dei prelievi e delle immissioni di volumi idrici presenti sull'intero corso d'acqua e sui corpi idrici sotterranei ad esso collegati è necessaria per determinare l'impatto antropico sul regime idrologico ed effettuare valutazioni sul bilancio idrico.

1.3.4. Volumi scambiati con i corpi idrici sotterranei

Le interazioni tra acque superficiali e sotterranee sono processi molto complessi e dipendono dall'azione integrata di diversi fattori quali il clima, la topografia, l'uso del suolo, la geologia e i fattori biotici.

Lo scambio di volumi idrici tra i due sistemi, superficiale e sotterraneo, avviene sia orizzontalmente che verticalmente attraverso dinamiche di flusso tridimensionali estremamente complesse ([Winter, 1995](#)).

L'interazione tra corpi idrici superficiali e sotterranei può essere descritta attraverso schemi interpretativi basati sull'integrazione dei dati morfologici con quelli dalle reti di monitoraggio piezometrica e idrometrica.

Maggiori dettagli operativi sull'analisi e stima delle interazioni sono riportati in *High-resolution in situ monitoring of flow between aquifers and surface waters* ([Environmental Agency UK, 2005a](#)) e in *Groundwater-surface water interactions in the hyporheic zone* ([Environment Agency UK, 2005b](#)).

1.4 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLO STATO DEL REGIME IDROLOGICO

L'analisi dell'alterazione del regime idrologico di un corso d'acqua è effettuata in corrispondenza di una sua sezione trasversale sulla base dell'*Indice di Alterazione del Regime Idrologico*, *IARI*, che fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico, valutato a scala giornaliera e/o mensile, osservato rispetto a quello naturale di riferimento che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche.

1.4.1. Regime idrologico naturale di riferimento

Poiché obiettivo principale della procedura è quello di stabilire eventuali alterazioni del regime idrologico, un aspetto cruciale è rappresentato dalla definizione della condizione di riferimento rispetto alla quale valutare l'alterazione.

La condizione di riferimento per il regime idrologico deve essere definita a partire da una serie di portate a scala giornaliera/mensile che si possono assumere come "naturali" di lunghezza almeno ventennale così da garantire stime idrologiche affidabili.

Nella maggior parte dei casi, tuttavia, i dati di portata non sono affatto disponibili, oppure non lo sono alla aggregazione temporale richiesta, con la necessaria numerosità e continuità, o, ancora, i dati disponibili non sono tali da poter rappresentare una condizione indisturbata di riferimento. È necessario quindi ricorrere a metodi di ricostruzione o stima.

Nel presente documento si intenderà per "**ricostruito**" il dato di portata naturale determinato a partire da un dato misurato depurato dagli effetti antropici come ad esempio quelli dovuti a prelievi ovvero a regolazione da parte di invasi o ad altri effetti. Si intenderà, invece, per "**stimato**" il dato di portata naturale quello interamente derivato dall'applicazione di strumenti di modellistica idrologica.

Per quanto detto si possono presentare i seguenti casi:

1. disponibilità di almeno 20 anni di dati di portata misurata che possono essere considerati relativi a condizioni naturali. Questo è il caso ottimale, invero anche molto raro, poiché la condizione naturale è direttamente misurata fornendo una condizione di riferimento affidabile
2. disponibilità di almeno 20 anni di dati di portata misurata che non possono essere considerati relativi a condizioni naturali. In questo caso, pur disponendo di dati misurati, è necessario ricorrere alla ricostruzione del regime naturale depurando i dati dagli effetti antropici;
3. disponibilità di una serie di dati di lunghezza inferiore a 20 anni. In questo caso, per i dati disponibili vale quanto detto ai precedenti punti 1 e 2. I dati relativi agli anni non disponibili devono essere invece stimati mediante modellistica idrologica, utilizzando i dati disponibili per la taratura del modello idrologico di stima delle portate
4. nessuna disponibilità di dati. In questo caso i dati sono interamente stimati mediante modellistica idrologica.

Data l'elevata difficoltà connessa alla stima delle serie di portate a scala giornaliera si ritiene che la possibilità di procedere alla stima delle portate sia opportuna solo per la scala di aggregazione mensile.

La scelta della serie di riferimento può essere supportata e/o orientata, ad esempio, da tecniche di analisi statistica per l'individuazione di *change point* quali il test di Pettitt o la procedura CUSUM ([ISPRA, 2011](#)) mediante le quali in una serie sufficientemente lunga si possono riconoscere brusche variazioni nell'andamento temporale delle portate e, di conseguenza, individuare un periodo che possa considerarsi in condizioni idrologiche indisturbate.

1.4.2. Criteri informativi delle procedura

Lo *IARI* è costruito a partire dai dati di portata liquida, mediante il confronto tra le portate attuali e le corrispondenti portate naturali.

I criteri informativi per lo sviluppo dell'indice sono stati essenzialmente i seguenti:

- fornire una **misura quantitativa** dello scostamento del regime idrologico osservato rispetto a quello naturale che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche;
- tener conto della generale e diffusa **scarsità e/o assenza di dati di portata**;
- poter utilizzare **tutta l'informazione idrologica** disponibile;
- poter utilizzare **strumenti, metodi e risultati già in possesso** degli enti competenti che hanno effettuato il bilancio idrologico e idrico nei piani di tutela delle acque;
- essere **facilmente implementabile** e calcolabile con gli usuali strumenti software di calcolo (fogli elettronici, ecc.).

1.4.3. Caratteristiche delle procedura

La procedura presenta le seguenti caratteristiche:

- è definita su livelli di approfondimento successivi (una fase preliminare + 2 Fasi);
- è definita principalmente sulla base delle portate medie mensili in maniera da non perdere l'effetto della stagionalità e per utilizzare i risultati del bilancio idrico dei piani di tutela;
- è definita in maniera differente per sezione fluviale dotata o meno di strumentazione per la misura della portata;
- è derivata dal metodo *IHA* (*Indicators of Hydrologic Alteration*, [The Nature Conservancy, 2009](#)) e le statistiche utilizzate nella procedura possono essere agevolmente calcolate con il software IHA scaricabile liberamente dal sito web <http://conserveonline.org/workspaces/iha>.

1.4.4. Articolazione della procedura

La procedura per la valutazione dello stato del regime idrologico si articola in una fase preliminare, indicata come *Fase 0* e due fasi successive indicate con *Fase 1* e *Fase 2*:

- *Fase 0*. In questa fase si effettua un'analisi delle pressioni a scala di bacino al fine di individuare quali siano le condizioni rilevabili nella sezione in esame dal punto di vista del regime idrologico:

- (1) pressioni nulle ovvero trascurabili;
- (2) pressioni significative ovvero non trascurabili.

Nel primo caso, infatti, riconoscendosi pressioni nulle o trascurabili sul regime idrologico, si può assumere che lo stesso sia inalterato.

Nel secondo caso, invece, riconoscendosi pressioni significative che inducono impatti non valutabili a priori, si deve necessariamente procedere ad una valutazione su base oggettiva.

- *Fase 1*: Qualora nella *Fase 0* le condizioni individuate non evidenzino l'assenza di impatto sul regime idrologico dovuto alle pressioni si procede alla valutazione quantitativa dell'alterazione attraverso il calcolo dell'indice *IARI*.
- *Fase 2*: A tale fase si accede quando le risultanze ottenute nella *Fase 1* evidenzino elementi di criticità. In essa si procede ad un approfondimento basato essenzialmente sul giudizio esperto per spiegare le cause e confermare o meno la criticità evidenziata.

In buona sostanza il metodo si propone di individuare preliminarmente, solo sulla base dell'analisi delle pressioni, il possibile impatto sul regime idrologico in maniera

tale che si proceda alla valutazione quantitativa solo dove non sia totalmente evidente l'assenza di impatti sul regime idrologico. Qualora poi la valutazione quantitativa evidenzia elementi di criticità, questi vanno approfonditi utilizzando tutte le informazioni disponibili per giungere alla formulazione di un giudizio esperto che confermi o rigetti la criticità evidenziata.

1.4.4.1. Fase preliminare – Analisi delle pressioni sul regime idrologico

1.4.4.1.1. PRESSIONI SIGNIFICATIVE O NON TRASCURABILI

Come già anticipato l'alterazione del regime idrologico per cause antropiche può essere generata principalmente da:

1. prelievi;
2. opere di regolazione dei deflussi;
3. opere longitudinali di contenimento delle piene;
4. variazioni d'uso del suolo.

Sono significative tutte le pressioni esercitate direttamente sul corpo idrico fluviale in esame. Le azioni che, invece, vengono esercitate sul reticolo ad esso tributario possono ritenersi significative in relazione al rapporto tra l'estensione dei bacini idrografici sottesi, aspetto questo che ha influenza principalmente sui valori di piena, ovvero al rapporto tra le portate di base, che ha, invece, influenza principalmente sui valori di magra e di morbida.

Un ulteriore aspetto da considerare nella valutazione della significatività delle pressioni è la scala temporale a cui la stessa pressione agisce in relazione alla scala temporale a cui si effettua la valutazione dell'impatto.

Se infatti una pressione agisce ad una scala temporale inferiore a quella a cui si effettua l'analisi può non essere possibile evidenziare un'alterazione del regime. È, ad esempio, il caso della regolazione delle portate ad opera di una derivazione per uso idroelettrico che modifica principalmente le portate a scala sub-giornaliera (*hydropeaking*).

Quando si riconosce tuttavia che una pressione agisce in maniera significativa (oltre che evidente) ad una scala temporale per la quale non si possa applicare l'indice *IARI* (che, come già detto e come sarà ampiamente esposto in seguito è basato su valori delle portate medie giornaliere e/o mensili) è necessario comunque procedere ad una valutazione (giudizio esperto) dell'impatto sul regime idrologico.

In definitiva nell'analisi delle pressioni è indispensabile individuare:

1. il luogo in cui esse agiscono rispetto alla sezione nella quale si sta effettuando l'analisi;
2. la scala temporale alla quale le pressioni agiscono sul regime idrologico;
3. la componente del regime idrologico sulla quale principalmente le pressioni hanno influenza.

Per quanto riguarda i prelievi essi possono avvenire oltre che direttamente in alveo, anche nelle aree di alimentazione del corpo idrico. In quest'ultimo caso è necessario un'approfondita analisi del regime delle acque sotterranee per valutare l'incidenza del prelievo esterno sul regime idrologico.

Per quanto, infine, concerne le variazioni di uso del suolo, si ritiene che, per la intrinseca difficoltà di poterne tenere conto, debbano essere prese in considerazione solo quelle variazioni significative di uso del suolo che implicano una impermeabilizzazione dei suoli.

1.4.4.1.2. PRESSIONI NULLE O TRASCURABILI

Per pressioni nulle o trascurabili si intendono quelle che non sono riconducibili alle pressioni significative descritte al paragrafo precedente.

1.4.4.2. Fase 1: Valutazione dell'indice IARI

Come già detto, la valutazione dell'indice *IARI* viene effettuata in corrispondenza di una sezione fluviale per la quale possono o meno essere disponibili dati di portata storici e recenti.

In relazione alla disponibilità di dati nella sezione di riferimento si possono presentare le seguenti situazioni per le quali:

- 1) si disponga:
 - (a) di almeno 5 anni di dati recenti, compreso l'anno in esame, di portata giornaliera con sufficiente continuità;
 - (b) di almeno 20 anni di dati storici di portata giornaliera misurati riferiti ad un periodo diverso da quello di cui al punto (a), di lunghezza e continuità significativa per la definizione del regime idrologico di riferimento.Tale situazione potrebbe essere, ad esempio, quella di una sezione strumentata da oltre 25 anni e tuttora funzionante.
- 2) Non sussista la condizione (a) (pur disponendo di dati dell'anno in esame) sussistendo la condizione (b) di cui al punto 1.
Tale situazione potrebbe presentarsi, ad esempio, nel caso di riattivazione da meno di 5 anni di una stazione storica di rilevamento.
- 3) Non sussista la condizione (b) pur sussistendo la condizione (a) di cui al punto 1.
Tale situazione potrebbe presentarsi, ad esempio, nel caso di installazione da più di 5 anni di una nuova stazione di misura.
- 4) Non sussista nessuna delle condizioni (a) e (b) di cui al punto 1 pur disponendo di dati.
Tale situazione è riconducibile, ad esempio, al caso di installazione da meno di 5 anni di una nuova stazione di misura.
- 5) Non si dispone di alcun dato di portata recente.
Tale situazione è riconducibile, ad esempio, al caso in cui non è stata mai installata una stazione di misura ovvero ad una stazione storica dismessa e non più riattivata.

Le circostanze sopra elencate possono essere raggruppate in maniera tale da individuare situazioni omogenee in relazione alle quali effettuare una diversa valutazione dello *IARI*.

In particolare si distinguono tre situazioni ([Tabella 1.1](#))

1. sezione con disponibilità di dati “**sufficiente**”: quando si dispone in maniera significativa sia dei dati recenti sia dei dati storici ([punto 1](#));
2. sezione con disponibilità di dati “**scarsa**”: quando non si dispone di una serie significativa di dati recenti (fermo restando la disponibilità di dati dell'anno in esame) e/o di dati pregressi ([punti 2, 3 4](#));
3. sezione con disponibilità dei dati “**nulla**”: quando non si dispone di alcun dato recente (compresi i dati dell'anno in esame) ([punto 5](#)).

Tabella 1.1 – Disponibilità dei dati per la valutazione dello IARI.

| Dati Storici | NESSUNO $N^{(*)} = 0$ | NON SIGNIFICATIVI $N^{(*)} < 20$ | SIGNIFICATIVI $N^{(*)} \geq 20$ |
|---------------------------------|--------------------------|--|------------------------------------|
| Dati Recenti | | | |
| NESSUNO $N^{(*)} = 0$ | <i>nulla</i> | <i>nulla</i> | <i>nulla</i> |
| NON SIGNIFICATIVI $N^{(*)} < 5$ | <i>scarsa</i> | <i>scarsa</i> | <i>scarsa</i> |
| SIGNIFICATIVI $N^{(*)} \geq 5$ | <i>scarsa</i> | <i>scarsa</i> | <i>sufficiente</i> |

(*) N = numero di anni in cui sono disponibili dati di portata

1.4.4.2.1. VALUTAZIONE DELLO IARI PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “SUFFICIENTE”

Come precedentemente specificato il caso di disponibilità di dati “sufficiente” si presenta quando la disponibilità di dati recenti e pregressi è significativa. Questa rappresenta la situazione ottimale per una valutazione robusta dello stato di alterazione del regime idrologico.

Si applica la procedura di seguito riportata, derivata principalmente dal metodo IHA (*Indicators of Hydrologic Alteration*, [The Nature Conservancy, 2009](#)) utilizzando il software gratuito IHA versione 7.1 reperibile sul sito <http://conserveonline.org/workspaces/ihadocuments/download/view.html> del *The Nature Conservancy* ([Figura 1.2](#)).

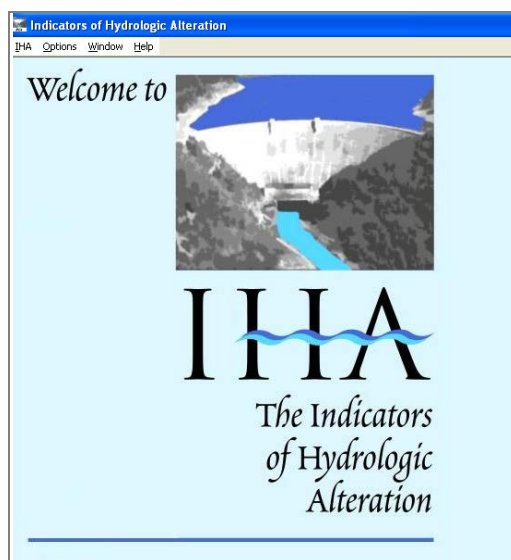


Figura 1.2 – Software IHA per il calcolo dei 33 parametri.

In particolare, si analizza la variabilità interannuale di ciascuno di una serie di parametri caratteristici delle 5 componenti fondamentali del regime idrologico descritti al [paragrafo 1.2](#). I parametri che si analizzano sono in numero di 33 divisi in 5 gruppi come riportato in [Tabella 1.2](#).

Tabella 1.2 – Elenco dei 33 parametri IHA e dei relativi gruppi di appartenenza.

| Variabile | Gruppo |
|---|--|
| 1) Valore medio (o mediano) portate mensili gennaio 2) Valore medio (o mediano) portate mensili febbraio 3) Valore medio (o mediano) portate mensili marzo 4) Valore medio (o mediano) portate mensili aprile 5) Valore medio (o mediano) portate mensili maggio 6) Valore medio (o mediano) portate mensili giugno 7) Valore medio (o mediano) portate mensili luglio 8) Valore medio (o mediano) portate mensili agosto 9) Valore medio (o mediano) portate mensili settembre 10) Valore medio (o mediano) portate mensili ottobre 11) Valore medio (o mediano) portate mensili novembre 12) Valore medio (o mediano) portate mensili dicembre | 1 – Entità delle portate mensili |
| 13) Valori minimi annuali, media ¹ di 1 giorno. 14) Valori minimi annuali, media di 3 giorni. 15) Valori minimi annuali, media di 7 giorni. 16) Valori minimi annuali, media di 30 giorni. 17) Valori minimi annuali, media di 90 giorni. 18) Valori massimi annuali, media di 1 giorno. 19) Valori massimi annuali, media di 3 giorni. 20) Valori massimi annuali, media di 7 giorni. 21) Valori massimi annuali, media di 30 giorni. 22) Valori massimi annuali, media di 90 giorni. 23) Numero di giorni a deflusso nullo. 24) Indice di deflusso di base: deflusso minimo su 7 giorni/deflusso medio annuo. | 2 – Entità e durata delle condizioni idriche estreme annuali |
| 25) Data ² del calendario giuliano di ciascun massimo annuale di durata 1 giorno. 26) Data del calendario giuliano di ciascun minimo annuale di durata 1 giorno. | 3 – Timing delle condizioni idriche estreme annuali |
| 27) Numero di low pulses ³ in ciascun anno idrologico. 28) Durata media o mediana dei low pulses (in giorni). 29) Numero di high pulses in ciascun anno idrologico. 30) Durata media o mediana degli high pulses (in giorni) | 4 – Frequenza e durata degli high e low pulses |
| 31) Entità degli incrementi: media o mediana di tutte le differenze positive tra valori giornalieri consecutivi. 32) Entità dei decrementi: media o mediana di tutte le differenze negative tra valori giornalieri consecutivi. 33) Numero delle inversioni ⁴ idrologiche. | 5 – Entità e frequenza delle variazioni delle condizioni idriche |

Per ciascuno dei sopraelencati parametri, sulla base della serie relativa alla condizione “naturale” sono calcolati i percentili 25% e 75% indicati rispettivamente con $XN_{0,25,i}$ e $XN_{0,75,i}$. Il calcolo viene effettuato automaticamente dal software IHA ma non

¹ Media mobile.

² Collocazione cronologica delle portate minima e massima. L’IHA usa il concetto di date giuliane che rappresentano le date del calendario mediante valori interi, che vanno da 1 per il 1 gennaio a 366 per il 31 dicembre. Per gli anni non bisestili si salta dalla data 59 (28 febbraio) alla data giuliana 61 (1 marzo).

³ Un giorno è classificato come un *pulse* se è maggiore o minore di un valore di soglia specificato, che può essere impostato dall’utente. Le soglie di *pulse* sono calcolate usando solo i dati relativi al periodo pre-impatto. Per un’analisi non parametrica di default le soglie di high e low pulse sono determinate dal valore mediano \pm il 25-esimo percentile.

⁴ Le inversioni (nel gruppo 5 di parametri) sono calcolate dividendo il record idrologico nei periodi di “crescita” e di “decrecita”, che corrispondono ai periodi in cui le variazioni giornaliere di flusso sono rispettivamente positive o negative. Il numero di inversioni è il numero di volte che il flusso passa da un tipo di periodo ad un altro.

si esclude la possibilità di calcolarlo separatamente con altro software. In taluni casi potrebbero verificarsi scostamenti tra i valori dei percentili in dipendenza dell'algoritmo di calcolo utilizzato (l'algoritmo usato nello IHA per il calcolo dei percentili è quello contenuto nelle *International Mathematical and Statistical Libraries (IMSL)* ed è diverso da quello utilizzato dal software *MS Excel* nella funzione *Percentile*).

Quindi, sempre per ciascun parametro, si calcola il valore caratteristico del periodo attuale che si ritiene impattato (post-impact) valutando il valore medio o la mediana del parametro negli ultimi 5 anni, indicato con $X_{i,k}$. Dal confronto tra il valore attuale $X_{i,k}$ e i percentili $XN_{0.25,i}$ e $XN_{0.75,i}$, si calcola il termine $p_{i,k}$ secondo lo schema riportato nella [Figura 1.3](#) che si esprime mediante l'espressione seguente:

$$p_{i,k} = \begin{cases} 1) \rightarrow 0 \\ \text{se } XN_{0.25,i} \leq X_{i,k} \leq XN_{0.75,i} \\ 2) \rightarrow \min \left(\left| \frac{X_{i,k} - XN_{0.25,i}}{XN_{0.75,i} - XN_{0.25,i}} \right|, \left| \frac{X_{i,k} - XN_{0.75,i}}{XN_{0.75,i} - XN_{0.25,i}} \right| \right) \\ \text{se } X_{i,k} < XN_{0.25,i} \text{ o } X_{i,k} > XN_{0.75,i} \end{cases} \quad \text{eq. 1}$$

dove:

i è l'indice dei 33 parametri IHA

k è l'indice dell'anno in corso

$X_{i,k}$ è il i -esimo parametro IHA nella condizione alterata (*post-impact*)

$XN_{0.25,i}$ è il percentile 25% dell' i -esimo parametro IHA nella condizione naturale (*pre-impact*)

$XN_{0.75,i}$ è il percentile 75% dell' i -esimo parametro IHA nella condizione naturale (*pre-impact*)

In altri termini, se il valore del parametro $X_{i,k}$ (relativo all'anno k -esimo) ricade all'interno della fascia delimitata dai percentili 25% e 75% il termine $p_{i,k}$ è pari a zero; in caso contrario risulta pari alla minima distanza, normalizzata sull'ampiezza della fascia, dai limiti della fascia stessa.

Lo *IARI* è definito quindi come la media dei 33 valori assunti dai termini $p_{i,k}$. È opportuno, al fine di evidenziare quale dei gruppi di elementi che influenzano il regime è più o meno alterato (anche per pianificare le misure di intervento) calcolare lo *IARI* per ciascun gruppo e successivamente farne la media. Nell'*eq. 2* lo *IARI* è espresso sia come media pesata (in base alla numerosità n_j dei parametri afferenti al generico gruppo $j=1,2,\dots,5$) degli *IARI* calcolati per ciascun gruppo, sia come media unica dei 33 parametri IAH.

$$IARI_k = \frac{1}{33} \sum_{j=1}^5 n_j \left(\frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} p_{i,k} \right) = \frac{1}{33} \sum_{i=1}^{33} p_{i,k} \quad \text{eq. 2}$$

Qualora il valore dello *IARI* corrisponda ad uno stato inferiore al "BUONO" ($IARI_k \geq 0.15$) tale condizione di criticità deve essere approfondita procedendo alla *Fase 2*.

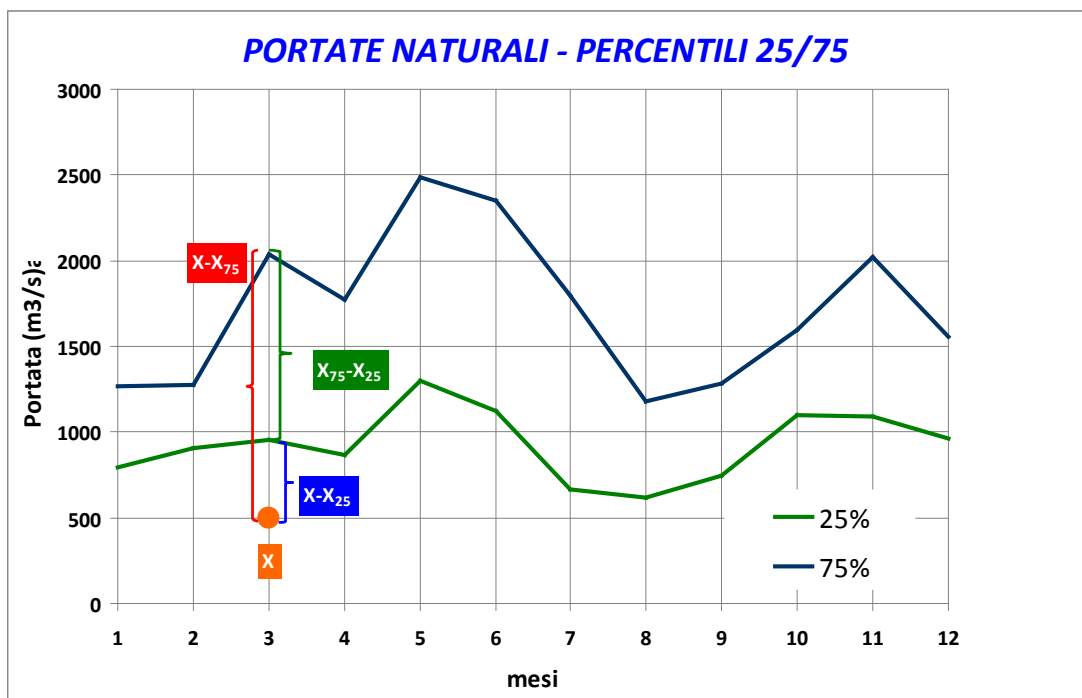


Figura 1.3 – Esempio di fascia compresa tra i percentili 25% e 75% e schema di calcolo del parametro $p_{i,k}$.

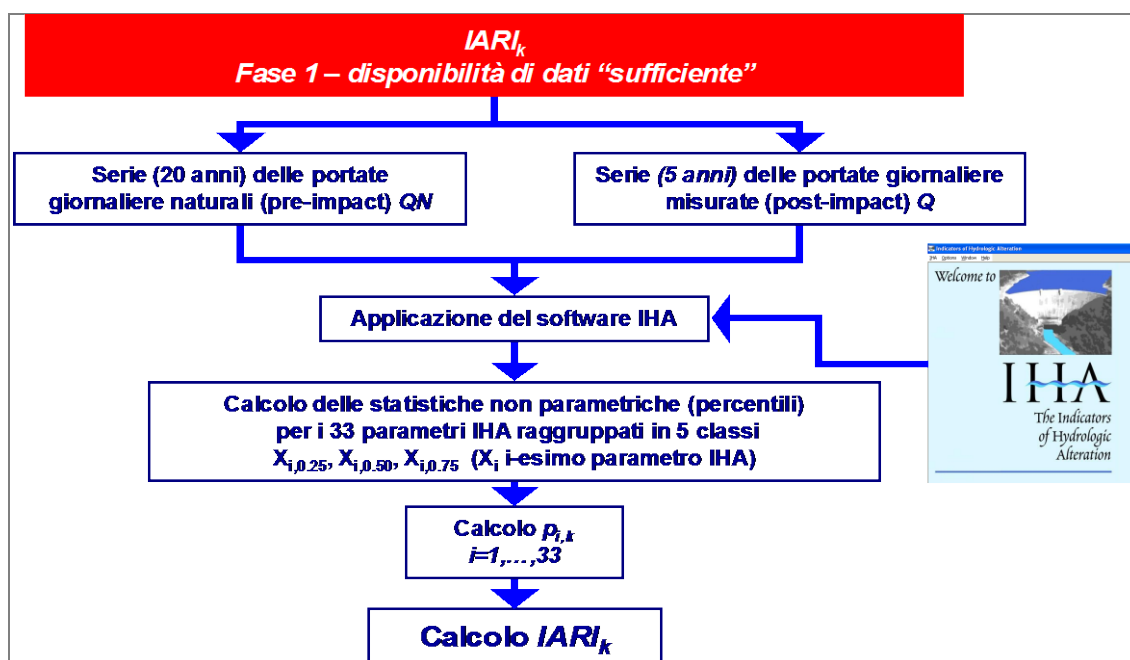


Figura 1.4 – Schema logico della procedura per il calcolo dello IARI nella Fase 1 per disponibilità di dati “sufficiente”.

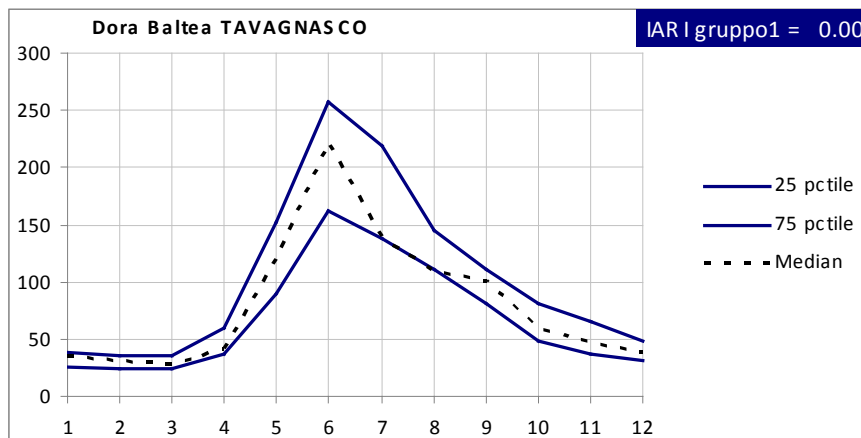


Figura 1.5 – Esempio di calcolo dello IARI per il gruppo 1 dei parametri IHA

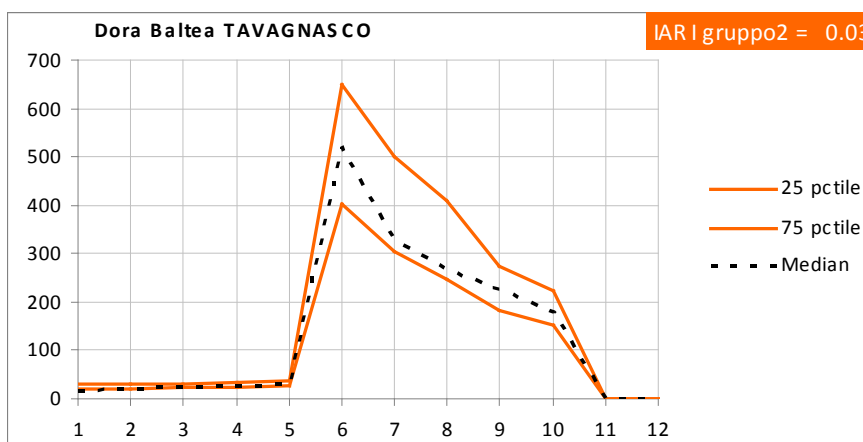


Figura 1.6 – Esempio di calcolo dello IARI per il gruppo 2 dei parametri IHA

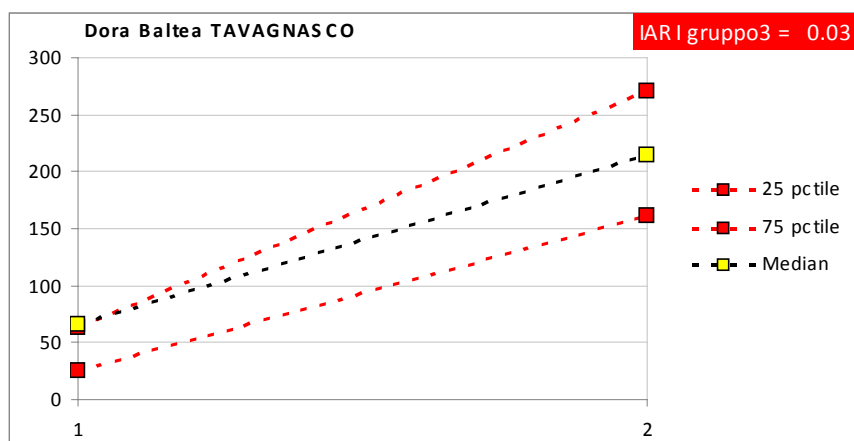


Figura 1.7 – Esempio di calcolo dello IARI per il gruppo 3 dei parametri IHA

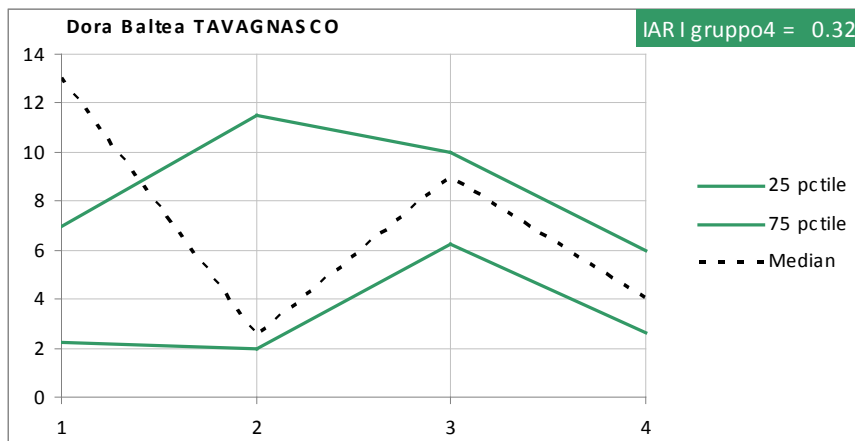


Figura 1.8 – Esempio di calcolo dello IARI per il gruppo 4 dei parametri IHA

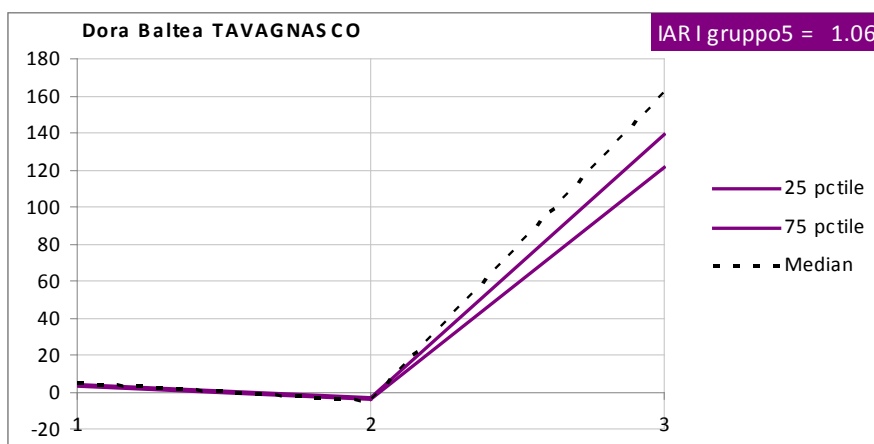


Figura 1.9 – Esempio di calcolo dello IARI per il gruppo 5 dei parametri IHA

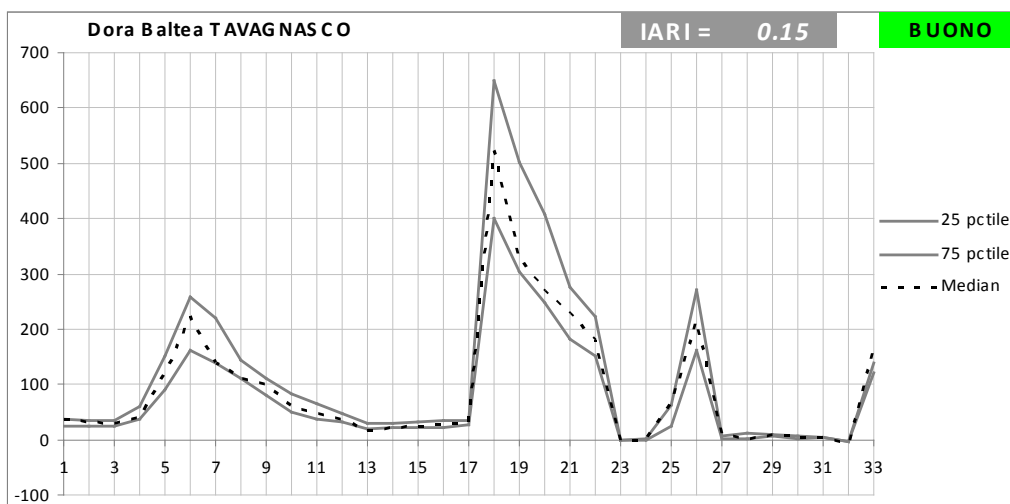


Figura 1.10 – Esempio di calcolo dello IARI per l'intero set dei 33 parametri IHA

1.4.4.2.2. VALUTAZIONE DELLO IARI PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “SCARSA”

Quella in cui la disponibilità di dati, così come rappresentato in [Tabella 1.1](#), è “scarsa” è probabilmente la circostanza più diffusa.

In questo caso lo *IARI* è determinato mediante il confronto tra le portate mensili misurate e le corrispondenti portate mensili naturali che ne definiscono il regime idrologico di riferimento.

Le portate mensili naturali sono valutate o ricostruendole a partire dalle portate misurate tenendo conto dei prelievi, delle immissioni, degli effetti delle regolazioni e degli effetti di opere, ecc., ovvero riconoscendo nei dati storici un periodo significativo nel quale le condizioni possano essere assimilate a quelle naturali, ovvero stimandone interamente il valore mediante modellistica idrologica

Si indichino le serie delle portate medie mensili naturali con $QN_{i,j}$, dove $i = 1, \dots, 12$ e $j = 1, \dots, n$, con n numero di anni di dati disponibili, che, come già detto, deve essere ≥ 20 .

A partire da tali serie si calcolano per il mese *i-esimo* i percentili 25% e 75%, indicati con $QN_{0.25,i}$ e $QN_{0.75,i}$, che individuano l'intervallo di riferimento della portata naturale media mensile $QN_{i,k}$ ([Figura 1.3](#)).

Il calcolo dei percentili può essere effettuato sia utilizzando funzioni già implementate nei software di largo utilizzo (*MS Excel*, ecc.) ovvero regolarizzando con una distribuzione di probabilità la serie dei valori $QN_{i,k}$ (ad esempio con la distribuzione lognormale o gamma).

Il valore della portata media mensile attuale $Q_{i,k}$ da confrontare con l'intervallo di riferimento viene definito o come media/mediana degli ultimi 5 anni, ove disponibili, comprensivi del valore dell'anno in corso *k-esimo*, ovvero, in alternativa, come il valore dell'anno attuale corretto con un coefficiente moltiplicativo funzione dell'indice *SPI* (*Standardized Precipitation Index*, [McKee et al., 1993](#)), riferito alla precipitazione areale sul bacino sotteso dalla sezione e per una durata di 12 mesi, al fine di attenuare gli effetti climatologici particolari dell'anno in corso. I valori dei coefficienti correttivi sono riportati in [Tabella 1.3](#).

Analogamente al caso precedente, per ciascun mese *i-esimo* dell'anno *k-esimo* si determina il corrispondente punteggio $p_{i,k}$ ottenuto confrontando il valore della portata media mensile reale $Q_{i,k}$ con i corrispondenti estremi dell'intervallo di riferimento $QN_{0.25,i}$ e $QN_{0.75,i}$ attribuendo un punteggio pari a 0 (*zero*) al mese in cui la portata ricade nell'intervallo di riferimento e valori proporzionali allo scostamento dagli estremi dell'intervallo stesso, in caso contrario.

Per l'anno *k-esimo* è calcolata la media dei punteggi $p_{i,k}$ per $i = 1, \dots, 12$ secondo la relazione:

$$P_k = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} p_{i,k} \quad \text{eq. 3}$$

dove:

$$P_{i,k} = \begin{cases} 1) \rightarrow 0 \\ \text{se } QN_{0,25,i} \leq Q_{i,k} \leq QN_{0,75,i} \\ 2) \rightarrow \min \left(\left| \frac{Q_{i,k} - QN_{0,25,i}}{QN_{0,75,i} - QN_{0,25,i}} \right|, \left| \frac{Q_{i,k} - QN_{0,75,i}}{QN_{0,75,i} - QN_{0,25,i}} \right| \right) \\ \text{se } Q_{i,k} < QN_{0,25,i} \text{ o } Q_{i,k} > QN_{0,75,i} \end{cases} \quad \text{eq. 4}$$

avendo indicato con min(.) la funzione minimo e con |.| la funzione valore assoluto.

Tabella 1.3 – Coefficienti correttivi dello IARI

| SPI | Grado | Coefficiente correttivo $c(SPI_k)$ |
|--------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| $SPI > +2$ | <i>estremamente umido</i> | 0.50 |
| $+1 < SPI \leq +2$ | <i>moderatamente/molto umido</i> | 0.75 |
| $-1 < SPI \leq +1$ | <i>normale</i> | 1.00 |
| $-2 < SPI \leq -1$ | <i>siccità moderata/severa</i> | 0.75 |
| $SPI \leq -2$ | <i>siccità estrema</i> | 0.50 |

Si ottiene così:

$$IARI_k = \begin{cases} P_k & \text{se } Q_{i,k} \text{ è la media o mediana negli ultimi 5 anni} \\ c(SPI_k) \cdot P_k & \text{se } Q_{i,k} \text{ è solo il valore dell'anno in corso} \end{cases} \quad \text{eq. 5}$$

In [Figura 1.11](#) è riportato lo schema logico del calcolo dello $IARI_k$ nella circostanza di disponibilità di dati “scarsa”.

Sulla base del valore assunto dallo $IARI_k$ è definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella [Tabella 1.4](#).

Qualora il valore dello $IARI$ corrisponda ad uno stato inferiore al “BUONO” ($IARI_k \geq 0.15$) tale condizione di criticità deve essere approfondita attraverso la *Fase 2*.

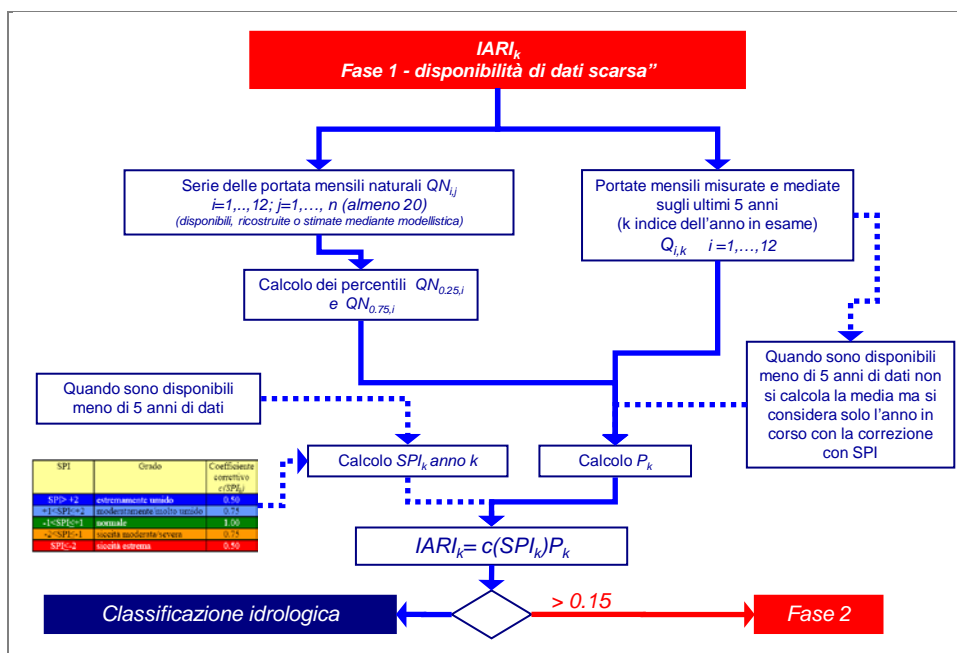


Figura 1.11 – Schema logico della procedura per il calcolo dello IARI nella Fase 1 per disponibilità di dati “scarsa”

1.4.4.2.3. VALUTAZIONE DELLO IARI PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “NULLA”

In questo caso, non disponendo né di una serie di dati di portata storici né di dati dell’anno in esame, lo *IARI* è espresso come confronto tra una portata misurata *ad hoc* e una portata mensile naturale opportunamente stimata mediante modellistica idrologica.

Tale procedura si basa sulla circostanza, generalmente verificata per i nostri regimi, che il valore della portata istantanea nella stagione di scarsa piovosità e lontano da eventi di precipitazione può costituire un’approssimazione della portata media mensile sufficiente allo scopo (Figura 1.12).

Si procede alla stima della serie delle portate mensili naturali $QN_{i,j}$, dove $i = 1, \dots, 12$ e $j = 1, \dots, n$, con n numero di anni (≥ 20).

Per ciascun anno j -esimo si individua il mese $m_{min,j}$ in cui si è verificato il valore minimo delle portate mensili naturali non nulle $QN_{min,j}$, generando così la serie dei mesi in cui tali minimi si sono verificati.

Dalla serie dei mesi $m_{min,j}$ in cui si sono verificate le portate mensili minime annue si individua il mese, indicato con M_{min} , in cui con maggiore frequenza si verifica il minimo annuo di portata mensile.

Dalla serie delle portate mensili $QN_{M_{min},j}$ del mese M_{min} si determinano i percentili 25% e 75%, indicati rispettivamente con $QN_{0.25,M_{min}}$ e $QN_{0.75,M_{min}}$.

Indicando con k il generico anno in cui si intende effettuare la valutazione di stato del regime idrologico, nel mese M_{min} dell’anno k -esimo dovrà essere effettuata una misura di portata $QM_{min,k}$ assicurandosi che siano praticamente esauriti gli effetti di precedenti precipitazioni. La misura *ad hoc* così effettuata può essere rappresentativa del valore medio mensile.

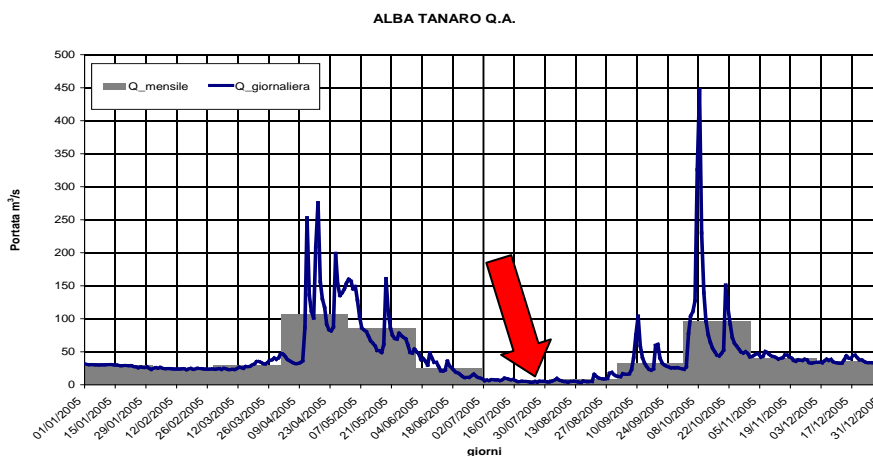


Figura 1.12 – Confronto tra il diagramma delle portate giornaliere e quelle mensili

Il termine P_k è calcolato mediante il seguente rapporto:

$$P_k = \begin{cases} 1) \rightarrow 0 \\ \text{se } QN_{0.25,M_{min}} \leq QM_{min,k} \leq QN_{0.75,M_{min}} \\ 2) \rightarrow \min \left(\left| \frac{QM_{min,k} - QN_{0.25,M_{min}}}{QN_{0.75,M_{min}} - QN_{0.25,M_{min}}} \right|, \left| \frac{QM_{min,k} - QN_{0.75,M_{min}}}{QN_{0.75,M_{min}} - QN_{0.25,M_{min}}} \right| \right) \\ \text{se } QM_{min,k} < QN_{0.25,M_{min}} \text{ ovvero } QM_{min,k} > QN_{0.75,M_{min}} \end{cases} \quad \text{eq. 6}$$

In maniera del tutto analoga al caso precedente, anche in questo per tener conto dell'effetto che condizioni climatiche particolari verificatesi nell'anno in esame possono aver avuto sul regime delle portate, il termine P_k viene corretto mediante i coefficienti moltiplicativi riportati in [Tabella 1.3](#) ottenendo:

$$IARI_k = c(SPI_k) \cdot P_k \tag{eq. 7}$$

Sulla base del valore assunto dallo $IARI_k$, è definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella [Tabella 1.4](#).

Nel caso in cui il valore dello $IARI_k$ nell'anno k evidenzia uno stato inferiore a BUONO ($IARI_k > 0.15$), occorre procedere alla Fase 2. In [Figura 1.13](#) è riportato lo schema logico del calcolo dello $IARI_k$ nella circostanza di disponibilità di dati "nulla".

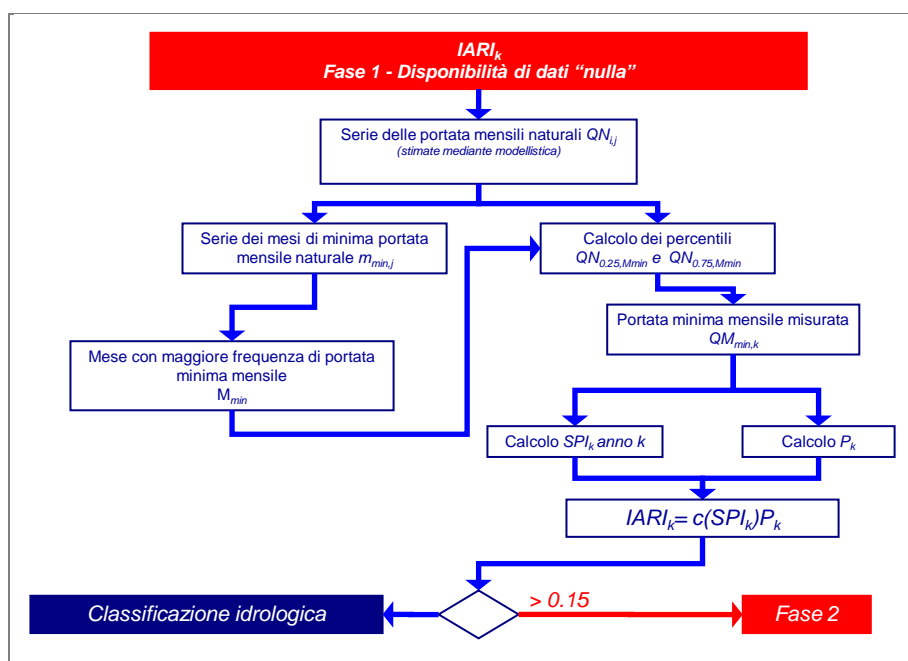


Figura 1.13 – Schema logico della procedura per il calcolo dello IARI nella Fase 1 per disponibilità di dati "nulla"

Tabella 1.4 – Limiti di classe dello stato del regime idrologico

| <i>IARI</i> | <i>STATO</i> |
|-------------------------|---------------------|
| $0 \leq IARI \leq 0.05$ | ELEVATO |
| $0.05 < IARI \leq 0.15$ | BUONO |
| $IARI > 0.15$ | NON BUONO |

1.4.4.3. Fase 2: Approfondimento della criticità

La Fase 2 si attiva quando lo $IARI$ valutato nella Fase 1 evidenzia delle criticità.

1.4.4.3.1. APPROFONDIMENTO DELLA CRITICITÀ PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “SUFFICIENTE”

In questo caso si procede ad un’analisi di tutte le informazioni disponibili e alla formulazione di un giudizio esperto per confermare o rigettare la criticità evidenziata dall’indice *IARI*.

1.4.4.3.2. APPROFONDIMENTO DELLA CRITICITÀ PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “SCARSA”

In questo caso si procede ad un’analisi di tutte le informazioni disponibili e alla formulazione di un giudizio esperto per confermare o rigettare la criticità evidenziata dall’indice *IARI*.

1.4.4.3.3. APPROFONDIMENTO DELLA CRITICITÀ PER SEZIONE CON DISPONIBILITÀ DI DATI “NULLA”

In questo caso si procede all’installazione di una stazione di misura in continuo delle grandezze idrometriche poiché le informazioni sull’attuale regime idrologico sono troppo limitate per poter modificare il giudizio di stato “*NON BUONO*” scaturito nella *Fase 1*.

1.4.5. Alterazione per effetto di cambiamenti climatici

Se la criticità evidenziata nella *Fase 1* è in massima parte attribuibile, sulla base del giudizio esperto, a effetti di cambiamenti climatici sul regime idrologico il giudizio si riporta sul livello “*BUONO*”.

Tale potrebbe essere il caso di un corpo idrico ad alimentazione principalmente nivale per il quale l’innalzamento della temperatura media indotta dal cambiamento climatico potrebbe provocare un’alterazione significativa dell’andamento e dell’entità delle portate di base.

1.4.6. Estensione dello *IARI* al corpo idrico

La procedura sin qui descritta fa riferimento ad una sezione trasversale del corpo idrico mentre la Direttiva richiede di esprimere un giudizio sull’entità “corpo idrico”. Si pone pertanto il problema di come estendere il giudizio puntuale espresso su una sezione all’intero corpo idrico fluviale, ovvero a una sua parte, che invece ha uno sviluppo lineare.

L’analisi del regime idrologico del corpo idrico deve pertanto prevedere preliminarmente una segmentazione del corpo idrico in maniera tale che ciascun segmento possa ritenersi omogeneo in relazione al valore e al verificarsi delle portate.

La segmentazione, oltre a essere individuata da nodi idraulici significativi (confluenze, opere, ecc.), non deve essere costituita da tratti molto lunghi che comporterebbero una significativa differenza tra le portate nel nodo di monte e quello di valle.

Per ciascun segmento, nel caso non esistano sezioni strumentate, si individua una sezione rappresentativa e sulla quale applicare la procedura. Nel caso invece esista una sezione strumentata, è quest’ultima che determina la scelta del tratto in maniera tale da essere omogeneo con la stessa sezione strumentata.

Il giudizio complessivo del corpo idrico sarà quello corrispondente alla media, pesata sulla lunghezza, dei valori dello *IARI* dei vari tratti che lo costituiscono.

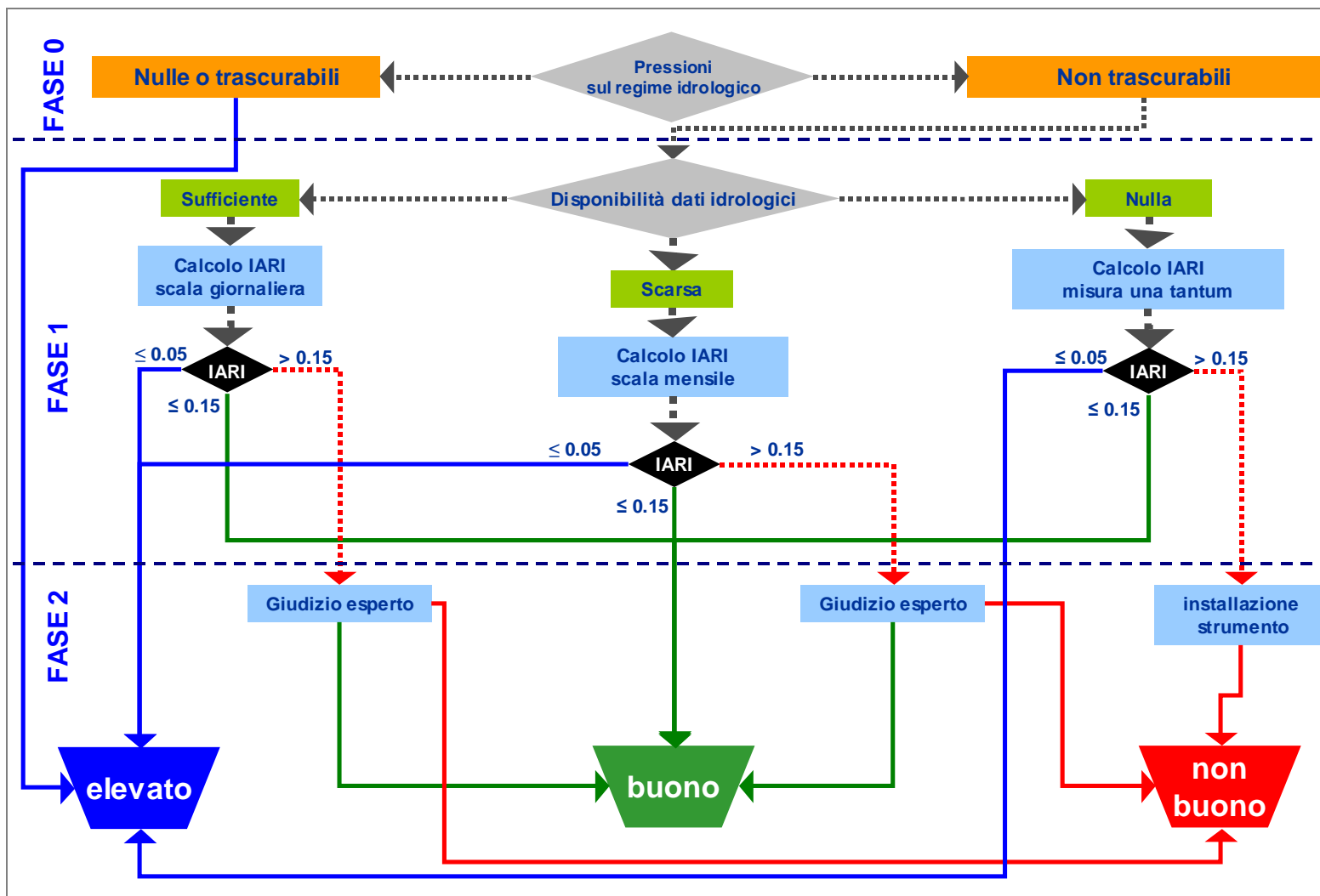


Figura 1.14 – Schema della procedura per la valutazione dello stato idrologico

2. CONDIZIONI MORFOLOGICHE

2.1 STRUTTURA METODOLOGICA

La procedura di seguito riportata per la valutazione e il monitoraggio delle condizioni idromorfologiche dei corsi d'acqua si basa, coerentemente con quanto richiesto dalla WFD, sulla valutazione dello scostamento delle condizioni attuali rispetto ad un certo stato di riferimento. La definizione di uno stato di riferimento per gli aspetti idromorfologici può ritenersi particolarmente problematica rispetto agli altri aspetti presi in esame per la WFD. La comunità scientifica internazionale è ormai concorde nel rinunciare a considerare come stato di riferimento una situazione “primitiva” (o “pristina”) completamente indisturbata. Alternativamente all'identificazione dello stato di riferimento con una situazione “primitiva”, in maniera più pragmatica si può ritenere che lo **stato di riferimento** di un corso d'acqua sia **identificabile in prima approssimazione con quelle condizioni idromorfologiche che esisterebbero, nelle attuali condizioni del bacino, in assenza di influenza antropica in alveo, nelle zone riparie e nella pianura adiacente.**

È necessario che la valutazione delle condizioni attuali ed il monitoraggio futuro si basino su un **approccio integrato**, facendo uso sinergico delle due principali metodologie impiegate nello studio geomorfologico dei corsi d'acqua, vale a dire l'impiego di telerilevamento (*remote sensing*) e di analisi GIS ed il rilevamento sul terreno. Le **Analisi GIS da telerilevamento** prevedono l'utilizzo soprattutto di foto aeree, ma per alcuni tipi di osservazioni (ricognizione iniziale, opere, uso del suolo e forme nella pianura, ecc.) o anche per osservazione di caratteristiche morfologiche relative all'alveo (almeno per corsi d'acqua sufficientemente grandi, ossia con larghezze superiori a 30 m) possono essere impiegate anche immagini satellitari (attualmente di facile reperibilità e con elevata risoluzione geometrica). Le **Analisi e misure sul terreno** prevedono osservazioni di vario tipo e misure condotte con vari strumenti (analisi granulometriche, misure topografiche, analisi geomorfologiche, ecc.). Per le attività condotte sul terreno, non esistono limiti in termini di dimensioni degli alvei investigati. I corsi d'acqua piccoli e medi (larghezza dell'alveo inferiore a 30 m) richiedono ovviamente più osservazioni sul terreno non essendo utilizzabili le immagini telerilevate.

Coerentemente con quanto riportato nelle norme [CEN \(2002\)](#), le **condizioni di riferimento per gli aspetti idromorfologici** devono essere definite relativamente ai **seguenti aspetti**:

- a) caratteri del letto e delle sponde;
- b) forma planimetrica e profilo del fondo;
- c) connettività e libertà di movimento laterali;
- d) continuità longitudinale del flusso liquido e di sedimenti;
- e) vegetazione nella zona riparia.

Tali condizioni andrebbero definite per ogni differente tipologia fluviale: non sono infatti definibili delle condizioni morfologiche “ottimali” assolute, valide cioè per qualsiasi corso d'acqua, ma esse dipendono ovviamente dal contesto fisiografico (ad es., area montana o di pianura) e dalle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua stesso (ad esempio un alveo a canali intrecciati avrà forme e processi tipici notevolmente differenti rispetto a quelle di un alveo a canale singolo).

Per quanto riguarda le **scale spaziali di analisi**, viene adottato un approccio di **suddivisione gerarchica** (*hierarchical nested approach*) che fa riferimento alle seguenti **unità spaziali**, con dimensioni progressivamente decrescenti:

- (1) **Bacino idrografico**. Il bacino idrografico rappresenta l'unità spaziale fondamentale di partenza.
- (2) **Unità fisiografica e segmento**. Le unità fisiografiche sono aree relativamente omogenee all'interno del bacino per caratteristiche morfologico-fisiografiche (area montuosa, collinare, pianura intermontana, bassa pianura, ecc.). I segmenti sono determinati dall'intersezione degli ambiti fisiografici con il reticolo idrografico.
- (3) **Tratto**: si tratta della suddivisione di base funzionale alla classificazione. La suddivisione in tratti (*reaches*) si basa su vari aspetti quali il grado di confinamento, la tipologia morfologica, le principali discontinuità idrologiche, la presenza di elementi antropici significativi, ecc. La lunghezza di un tratto è generalmente dell'ordine dei chilometri (normalmente 1÷5 km). Dal punto di vista metodologico il tratto rappresenta l'unità elementare di misure da telerilevamento ed analisi GIS.
- (4) **Sito**: si tratta di un sottotratto campione, rappresentativo dell'insieme tipico di forme, dei loro rapporti altimetrici reciproci e quindi della forma della sezione che si riscontrano all'interno del tratto. Dal punto di vista metodologico, si tratta dell'unità elementare di rilevamento dei dati sul terreno, preso come campione del tratto. Per alvei a canale singolo, il sito ha una lunghezza generalmente compresa tra 10 e 20 volte la larghezza, mentre per alvei a canali intrecciati ha una lunghezza confrontabile con la larghezza stessa, e comunque di norma non superiore ai 500 m. Generalmente si assume un sito rappresentativo di ogni tratto, ma qualora ritenuto necessario (soprattutto nel caso di tratti relativamente lunghi) è possibile caratterizzare un tratto con più di un sito.
- (5) **Unità sedimentaria**: ad una scala spaziale gerarchicamente inferiore, in alcuni casi (per le misure granulometriche dei sedimenti del fondo) è necessario scegliere un ulteriore punto di campionamento che sia rappresentativo del sito e a sua volta del tratto.

Per quanto riguarda le **scale temporali di analisi** considerate in Geomorfologia Fluviale, esse variano a seconda degli aspetti e delle relative scale spaziali che si vanno ad indagare, nonché a seconda degli obiettivi dello studio. In linea generale si possono definire le seguenti scale temporali:

- **Scala geologica** ($10^4 \div 10^6$ anni): è la scala che è opportuno considerare per inquadrare le caratteristiche geologiche e fisiografiche del bacino e l'evoluzione del reticolo idrografico nel lungo termine (ad es., catture fluviali, fenomeni di sovrimposizione, ecc.).
- **Scala storica** ($10^2 \div 10^3$ anni): utile per comprendere la morfologia naturale dei corsi d'acqua ed i tipi di sistemazioni ed altri tipi di controlli antropici a cui sono stati soggetti.
- **Media scala temporale** (ultimi 100÷150 anni): è la scala più importante per identificare e comprendere l'attuale forma a seguito di variazioni morfologiche planimetriche (alveo ristretto o allargato) o altimetriche (alveo inciso o aggradato) dei corsi d'acqua. È la scala di maggiore interesse per studi di carattere applicativo (denominata talora anche *scala gestionale*). Al suo interno si possono ulteriormente distinguere:

- **Scala degli ultimi 10÷15 anni:** è la scala più adatta per definire le tendenze attuali (alveo in incisione, in sedimentazione o in equilibrio dinamico).
- **Scala annuale:** è una scala poco significativa per l'interpretazione delle forme e dei processi evolutivi, mentre può avere qualche effetto temporaneo sulle caratteristiche granulometriche o vegetazionali locali, in funzione degli eventi verificatisi durante l'ultimo ciclo stagionale.

Un altro aspetto rilevante legato alle scale spazio-temporali di indagine è quello dell'**ampiezza della regione fluviale**, intesa in senso trasversale al corso d'acqua, entro la quale effettuare le indagini geomorfologiche. L'individuazione di tale fascia deve basarsi sul riconoscimento dello spazio che è sede dei processi associati con il funzionamento del sistema fluviale (o che si vuole che rimanga tale in ragione delle misure che Piani specifici o lo stesso Piano di gestione dovranno prevedere). Con riferimento ai processi più propriamente geomorfologico-idraulici, l'ampiezza di tale fascia può risultare variabile a seconda dei diversi processi e dei relativi parametri che si intendono misurare, nonché della scala temporale a cui si fa riferimento (in teoria, il limite esterno di tale fascia si può identificare con l'intera pianura alluvionale). In particolare:

- (1) Per quanto riguarda gli aspetti legati alla **continuità idraulica laterale**, può ritenersi significativo fare riferimento almeno alle *aree inondabili con $T=200$ anni*. Tuttavia in molti casi le aree in grado di contenere piene con tale tempo di ritorno sono ristrette a causa della presenza di argini a poca distanza dal corso d'acqua e/o a causa della forte incisione dell'alveo. In tali situazioni è pertanto opportuno fare riferimento all'intera **pianura alluvionale**, identificabile con quanto riportato sulle Carte Geologiche come "Alluvioni attuali" o le Alluvioni più recenti non terrazzate.
- (2) Per quanto riguarda gli aspetti più strettamente legati alla **mobilità laterale** dell'alveo, è più opportuno fare riferimento al concetto di *fascia di mobilità funzionale* o di *fascia erodibile*, definibile come lo spazio disponibile per le migrazioni laterali dell'alveo che il corso d'acqua può potenzialmente rioccupare, riconosciuto sulla base della dinamica passata e futura (potenziale). L'ampiezza di tale fascia dipende dalla scala temporale a cui si fa riferimento nella ricostruzione delle variazioni passate (più aumenta tale scala temporale e maggiore è l'ampiezza). Per applicazioni pratiche, si fa in genere riferimento ad un intervallo temporale degli ultimi 100 anni o, più spesso, soprattutto in un contesto fortemente antropizzato come quello italiano, si ritiene sufficientemente significativo l'intervallo degli ultimi 50 anni.

Al fine di differenziare le tipologie fluviali suddividendo il reticolo in tratti relativamente omogenei, la prima fase della valutazione è quella di **inquadramento e suddivisione in tratti**. Tale operazione viene effettuata in funzione soprattutto del contesto fisiografico, del grado di confinamento e della morfologia dei corsi d'acqua. Successivamente hanno inizio le fasi di **valutazione delle condizioni attuali**. A tal fine si fa riferimento a vari aspetti tra quelli riportati nelle norme [CEN \(2002\)](#) e precedentemente richiamati, ma secondo una riorganizzazione sequenziale che comprende nell'ordine ([Tabella 2.1](#)):

- (1) continuità longitudinale e laterale;
- (2) configurazione morfologica (o pattern);
- (3) configurazione della sezione;
- (4) struttura e substrato dell'alveo;
- (5) caratteristiche della vegetazione nella fascia perifluviale;

Tabella 2.1 – Valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie ed aspetti trattati.

| CATEGORIE MORFOLOGICHE | ASPETTI TRATTATI | DESCRIZIONE |
|---|--|--|
| (1) Continuità | A. Continuità longitudinale | Riguarda la capacità del corso d'acqua di garantire la continuità di portate solide anche attraverso la naturale occorrenza delle portate formative ⁵ . |
| | B. Continuità laterale | Riguarda la continuità laterale dei processi fisici di esondazione (possibilità di esondare, presenza di piana inondabile) e di erosione (possibilità di muoversi lateralmente). |
| (2) Configurazione morfologica | Configurazione planimetrica ed altimetrica longitudinale | Riguarda la morfologia planimetrica e l'assetto altimetrico (forma del profilo, pendenza). Comprende le variazioni del profilo (in termini di pendenza) in seguito a processi di incisione o sedimentazione. |
| (3) Configurazione della sezione | Configurazione della sezione (larghezza, profondità, ecc.) | Riguarda in maggior dettaglio la configurazione altimetrica in sezione trasversale. Comprende le variazioni di quota del fondo in seguito a processi di incisione o sedimentazione. |
| (4) Struttura e substrato alveo | Configurazione e struttura del letto | Riguarda la strutturazione del letto e le caratteristiche tessurali, la continuità tra flusso superficiale ed iporreico. |
| (5) Vegetazione nella fascia perifluviale | Caratteristiche vegetazionali | Comprende gli aspetti legati all'ampiezza ed estensione lineare della vegetazione nella fascia perifluviale. |

Gli aspetti che vengono considerati per la valutazione dello stato attuale e per il monitoraggio futuro comprendono sia elementi artificiali che caratteristiche morfologiche naturali.

La **valutazione dello stato morfologico** avviene sulla base di **tre componenti**:

- (1) **Funzionalità geomorfologica**: si basa sull'osservazione delle forme e dei processi del corso d'acqua nelle condizioni attuali e sul confronto con le forme ed i processi attesi per la tipologia fluviale presente nel tratto in esame.
- (2) **Elementi artificiali**: si valutano la presenza, frequenza e continuità delle opere o interventi antropici che possano avere effetti sui vari aspetti morfologici considerati.
- (3) **Variazioni morfologiche**: questa analisi riguarda soprattutto gli alvei non confinati e parzialmente confinati e solo alcuni aspetti (principalmente le variazioni di configurazione morfologica plano-altimetrica). Vengono valutate le variazioni morfologiche rispetto ad una situazione relativamente recente (scala temporale degli ultimi 50÷60 anni) in modo da verificare se il corso d'acqua

⁵ Le portate formative sono quelle con maggiori effetti sulla morfologia dell'alveo. Sono associate al concetto di *portata efficace* quella cioè che trasporta più sedimenti in un certo intervallo temporale e che è generalmente associata a tempi di ritorno (*TR*) compresi tra 1 e 3 anni. Il valore più comunemente usato per rappresentare la portata formativa è $Q_{1,5}$, (corrispondente ad un $TR = 1.5$ anni), tuttavia il campo delle portate con effetti sensibili sulla morfologia d'alveo può essere allargato fino a tempi di ritorno dell'ordine di 10 anni.

abbia subito alterazioni fisiche (ad es., incisione, restringimento) e stia ancora modificandosi a causa di perturbazioni antropiche non necessariamente attuali.

Rispetto alle tre componenti di valutazione dello stato attuale (**Funzionalità, Artificialità, Variazioni**), il **monitoraggio** consentirà di valutare le tendenze evolutive attuali e future e di rapportarle alle modificazioni passate, in modo da giungere ad una valutazione del possibile recupero morfologico o dell'ulteriore allontanamento da condizioni meno alterate, aspetti fondamentali per le successive analisi degli impatti e per la definizione delle misure di mitigazione ai fini del raggiungimento degli obiettivi della Direttiva.

2.2 INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE DEI CORSI D'ACQUA IN TRATTI

La prima fase della procedura di valutazione morfologica ha lo scopo di fornire un inquadramento delle condizioni fisiche dei corsi d'acqua e soprattutto di effettuare una prima suddivisione in tratti relativamente omogenei, funzionale alle analisi successive. Questa fase è a sua volta suddivisa in 4 STEP.

La Fase di **inquadramento e suddivisione in tratti** si inserisce nelle procedure di caratterizzazione e individuazione di tipi e corpi idrici superficiali, definite dalla WFD, e normate dal **D.M. 131 del 16 giugno 2008** – “Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici e analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: “Norme in materia ambientale”, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4 dello stesso decreto.”

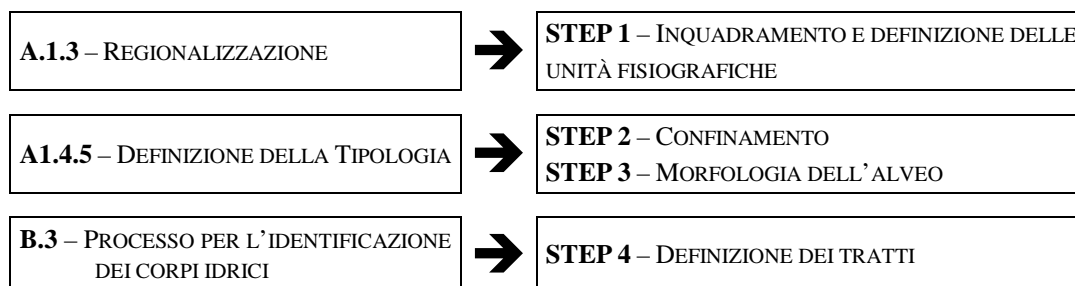
Scopo originale del percorso di tipizzazione e individuazione dei corpi idrici è la segmentazione del reticolo idrografico in unità fisiografiche omogenee per caratteristiche abiotiche (*Tipi*) e per pressioni di tipo antropico (*Corpi idrici*). In relazione ai Corpi idrici, unità di riferimento minima di pianificazione, il Piano di Gestione dovrà individuare misure atte a garantire il raggiungimento di un buono stato entro il 2015.

Poiché in alcuni contesti italiani, fortemente antropizzati, il Piano di gestione si dovrà dotare di strumenti analitici adeguati a descrivere, valutare e mitigare gli impatti idromorfologici, particolarmente significativi in questi contesti per il raggiungimento degli obiettivi di qualità fissati dalla Direttiva, si ritiene utile supportare la classificazione del **D.M. 131/2008** con approfondimenti disciplinari specifici.

Gli STEP della prima fase di seguito riportati costituiscono un approfondimento di quanto già normato a livello nazionale. Tale approfondimento considera principalmente gli aspetti geologici e geomorfologici del corso d'acqua, sistema complesso che la WFD invita a conoscere con approcci interdisciplinari.

Tali STEP possono essere quindi percorsi in sequenza stretta o all'interno del percorso previsto dal **D.M. 131/2008**, qualora si ritenga necessario attribuire un elevato significato idromorfologico ai tipi e corpi idrici, utile nelle fasi di gestione dei corpi idrici stessi.

In questo senso si può definire la seguente corrispondenza tra i passaggi definiti dal **D.M. 131/2008** e gli STEP di seguito descritti:



2.2.1. STEP 1 – Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche

Scopo: ottenere un primo inquadramento del contesto fisico nel quale sono inseriti i corsi d'acqua ed effettuare una prima suddivisione in macro-aree (unità fisiografiche) e macro-tratti (segmenti).

Informazioni / dati necessari di base: area del bacino, informazioni su litologie prevalenti, clima e regime idrologico, uso del suolo nel bacino, profili longitudinali dei corsi d'acqua.

Metodi: consultazione di carte geologiche, geomorfologiche, di uso del suolo; studi esistenti; raccolta ed elaborazione dati idrologici; telerilevamento/GIS.

Risultati: vengono individuate le unità fisiografiche attraversate dal corso d'acqua in esame e vengono definiti i segmenti.

Descrizione: vengono inizialmente raccolte varie informazioni e dati che possono essere utili, anche successivamente, per comprendere i possibili condizionamenti fisici sul carattere, sul comportamento e sulle variazioni della configurazione longitudinale dei corsi d'acqua in esame. Tali informazioni comprendono: area del bacino, idrologia, litologia, uso del suolo nel bacino. I profili longitudinali (costruiti dalle carte topografiche disponibili), soprattutto per il corso d'acqua principale ed i maggiori affluenti, possono fornire indicazioni utili, sia per la suddivisione in segmenti che (soprattutto) per la successiva suddivisione in tratti (si veda in seguito).

Sulla base di questa prima raccolta di informazioni, vengono individuate le principali **unità fisiografiche** attraversate dai corsi d'acqua in esame. Una prima suddivisione può essere fatta considerando le principali unità descritte in [Tabella 2.2](#). Tali unità si differenziano per aree geografiche (settore alpino-pianura padana; settore appenninico ed isole) e non sono da considerarsi come un elenco esaustivo ma come un primo orientamento. Esse sono riconducibili, ai fini delle fasi successive, a due principali **ambiti fisiografici**:

- (1) collinare-montuoso;
- (2) di pianura.

Tabella 2.2 – Principali unità fisiografiche.

| DENOMINAZIONE | NOTE |
|--|--|
| <i>Settore Alpino e Pianura Padana</i> | |
| (1) Aree montuose alpine | Aree a quote elevate, con valli frequentemente ereditate da forme glaciali. |
| (2) Aree montuose e collinari prealpine | Comprendono la fascia montuosa e collinare prealpina, inclusi i rilievi collinari corrispondenti agli apparati morenici (anfiteatri morenici). |
| (3) Alta pianura | Comprende la fascia pedemontana a partire dagli apici dei conoidi. È caratterizzata da pendenze superiori a 0.15% e tessiture dei sedimenti in genere grossolane (ghiaia grossolana). Include le alte pianure sublacuali. Può essere indicata come Alta pianura “antica” quando è costituita da terrazzi antichi (in tal caso l'alveo può essere confinato). |
| (4) Bassa pianura | Comprende le porzioni di pianura padana e veneto-friulana con pendenza inferiore a 0.15%, con sedimenti in prevalenza fini (ghiaia fine, sabbie e limi). |
| <i>Settore Appenninico ed Isole</i> | |
| (5) Aree montuose appenniniche (Appennino interno) | Aree a quote elevate. Si ritrovano molte tipologie di valli ma, generalmente, soprattutto nelle aree di affioramento dei litotipi più competenti, le valli sono strette e gli alvei in genere confinati. |
| (6) Aree collinari appenniniche | Aree a quote inferiori, frequentemente a dolce morfologia per la presenza di serie flyshoidi relativamente erodibili. Le valli sono piuttosto ampie e gli alvei meno confinati. Comprende i grandi pianalti terrazzati profondamente incisi dai corsi d'acqua nei depositi alluvionali antichi e nelle serie sedimentarie marine recenti. |
| (7) Pianure intermontane appenniniche | Pianure (conche) intermontane di origine tettonica, frequenti sul versante appenninico tirrenico. |
| (8) Rilievi interni | Rilievi interni del versante tirrenico collinari o montuosi (compresa fascia di vulcanismo vulsino-campano) e rilievi della Sardegna. |
| (9) Alta pianura (o pianura prossimale) | Pianura con maggiore pendenza, generalmente a partire dagli apici dei conoidi fino alla loro base. |
| (10) Bassa pianura (o pianura distale) | Pianura a minore pendenza. Comprende la pianura costiera. |

I tratti dei corsi d'acqua compresi all'interno di ogni unità fisiografica sono denominati **segmenti**. Essi derivano dall'intersezione dei corsi d'acqua con i limiti di unità fisiografica e rappresentano una prima suddivisione in macro-tratti omogenei, funzionale alla successiva definizione dei tratti. All'interno di una stessa unità fisiografica, è possibile distinguere più segmenti in funzione prevalentemente del confinamento (valutato in prima approssimazione, mentre una misura più precisa viene effettuata nello STEP successivo), delle caratteristiche morfologiche della valle e del profilo longitudinale del corso d'acqua (significative variazioni della pendenza del fondo). In alcuni casi, si può tener conto anche delle principali variazioni di direzione della valle dovute ai principali controlli tettonici dell'area.

Altre informazioni / dati: una volta individuati i segmenti, è utile definire per ognuno di essi i seguenti parametri:

- *Area di drenaggio* sottesa (valutata al limite di valle del segmento);
- *Pendenza media della valle*.

2.2.2. STEP 2 – Definizione del grado di confinamento

Scopo: attraverso questo STEP vengono caratterizzate più in dettaglio le condizioni di confinamento, procedendo ad una (eventuale) preliminare suddivisione dei segmenti in tratti.

Informazioni / dati necessari: larghezza pianura, grado di confinamento, indice di confinamento.

Metodi: telerilevamento / GIS, carte topografiche e geologiche.

Risultati: i segmenti vengono suddivisi in base al confinamento.

Descrizione: per l'analisi del confinamento si fa riferimento alle due seguenti grandezze:

- GRADO DI CONFINAMENTO (**GC**). Si tratta del grado di confinamento laterale considerato in senso longitudinale, alla scala del segmento o del tratto, cioè a prescindere dall'ampiezza della pianura, e corrisponde alla percentuale di lunghezza del corso d'acqua con sponde non a contatto con la pianura, bensì con versanti o terrazzi antichi. La misura viene effettuata con strumenti GIS: per un determinato tratto, si misura come rapporto tra somma delle lunghezze delle sponde in diretto contatto con versanti o terrazzi antichi (aspetto valutato con l'ausilio della carta geologica e della carta topografica) e lunghezza totale delle due sponde, espresso in percentuale.
- INDICE DI CONFINAMENTO (**IC**). È definito come il rapporto tra larghezza della pianura (L_p) (comprensiva dell'alveo) e larghezza dell'alveo (L_a), quindi esprime di quanto un alveo è confinato in sezione trasversale rispetto alla larghezza della pianura. Per alvei sufficientemente grandi si misura con strumenti GIS, perpendicolarmente all'asse dell'alveo, ma viene mediato per estensioni longitudinali di tratti dove tale parametro si mantiene relativamente omogeneo. Il valore dell'indice di confinamento è inversamente proporzionale al confinamento stesso, con un valore minimo di 1, che indica che la pianura e l'alveo hanno stessa larghezza (vale a dire pianura assente), mentre valori alti indicano che la pianura è molto larga rispetto alle dimensioni dell'alveo (condizioni di non confinamento).

In base all'indice di confinamento si definiscono le seguenti classi:

- *confinamento alto*: indice compreso tra 1 ed 1.5;
- *confinamento medio*: indice compreso tra 1.5 ed n ;
- *confinamento basso*: indice maggiore di n .

Il valore di n , che permette di separare le classi di confinamento medio e basso, è definito a seconda della morfologia fluviale come segue:

- $n = 5$ per alvei a canale singolo o transizionali sinuosi a barre alternate;
- $n = 2$ per alvei a canali intrecciati o transizionali *wandering*.

Tabella 2.3 – Definizione delle classi di confinamento sulla base del grado e dell'indice di confinamento.

| CLASSE DI CONFINAMENTO | DESCRIZIONE |
|------------------------|--|
| <i>Confinati</i> | Tutti i casi con grado di confinamento > 90% |
| | Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento ≤ 1.5 |
| <i>Semiconfinati</i> | Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento > 1.5 |
| | Grado di confinamento < 10% e indice di confinamento $\leq n$ |
| <i>Non confinati</i> | Grado di confinamento < 10% e indice di confinamento > n |

Sulla base del grado e dell'indice di confinamento, è quindi possibile definire le tre classi di confinamento secondo quanto specificato in [Tabella 2.3](#).

2.2.3. STEP 3 – Definizione della morfologia dell'alveo

Scopo: attraverso questo STEP si procede ad una definizione delle morfologie fluviali presenti.

Informazioni / dati necessari: ambito fisiografico, confinamento, indice di sinuosità, indice di intrecciamento, indice di anastomizzazione, configurazione del fondo (necessario nella classificazione di secondo livello: si veda in seguito).

Metodi: telerilevamento / GIS

Risultati: i segmenti vengono suddivisi in base alla morfologia dell'alveo.

Descrizione: la classificazione morfologica dell'alveo si basa su vari fattori quali il grado di confinamento, il numero di canali, la forma planimetrica e la configurazione del fondo (per gli alvei confinati). Una prima schematizzazione del sistema di classificazione morfologica si può ricondurre in prima analisi all'ambito fisiografico nel quale il corso d'acqua è inserito (definito nel precedente STEP), dal quale dipendono le possibili condizioni di confinamento, secondo lo schema riportato in [Figura 2.1](#) e di seguito descritto.

- (1) Nel caso di **ambito collinare-montuoso**, si distingue innanzitutto tra corsi d'acqua confinati e corsi d'acqua semiconfinati o non confinati. Nel caso di **corsi d'acqua confinati**, ad un *primo livello di classificazione* si distingue tra alvei a canale singolo (non ulteriormente classificati) ed alvei a canali multipli o transizionali. Ad un *secondo livello di classificazione* (che avviene contestualmente alla fase di valutazione sul terreno), si può operare un'ulteriore distinzione all'interno dei confinati a canale singolo basata sulla configurazione del fondo. Per i **corsi d'acqua semiconfinati o non confinati**, il criterio è sempre basato sulla forma planimetrica, alla pari dei corsi d'acqua di ambito di pianura.
- (2) Nel caso di **ambito di pianura**, i corsi d'acqua sono necessariamente di tipo non confinato o semiconfinato e vengono classificati esclusivamente in base alla forma planimetrica. Anche in questo caso, nel caso di alvei a canale singolo ad un *secondo livello di classificazione* viene descritta la configurazione del fondo (durante la fase di valutazione sul terreno), fintantoché il fondo risulta visibile, ma tale aspetto assume un valore puramente descrittivo e non discriminante ai fini della classificazione stessa.

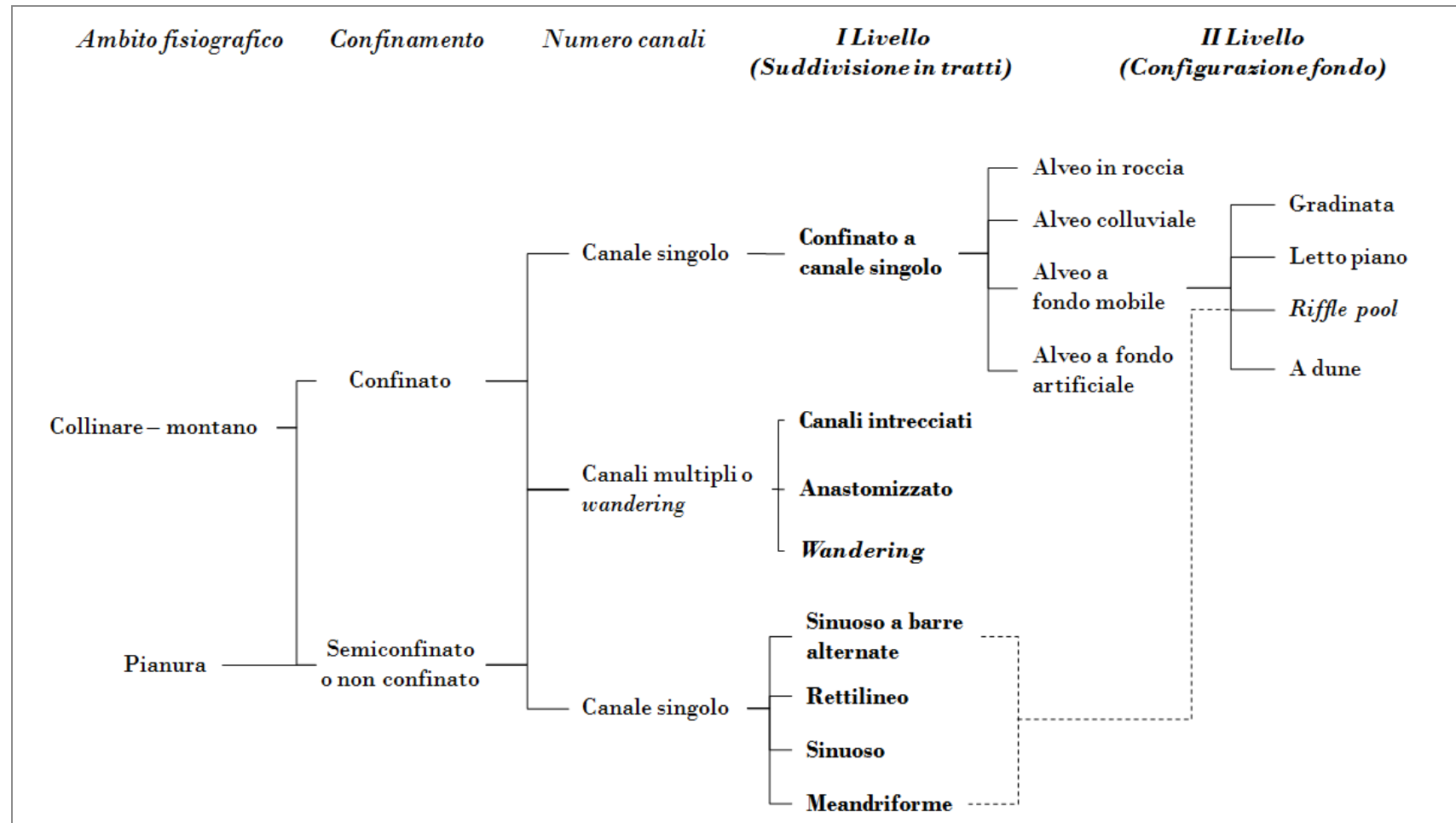


Figura 2.1 – Criteri di classificazione morfologica basata sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo. La classificazione di I° livello, funzionale alla suddivisione in tratti, si limita al numero di canali e forma planimetrica (escluso che per i confinati a canale singolo), mentre la configurazione del fondo viene presa in esame nella classificazione di II° livello. Si noti che, nella classificazione di II° livello, per i corsi d’acqua a canale singolo semiconfinati o non confinati si aggiunge a fini descrittivi la configurazione del fondo (quando riconoscibile) (linea tratteggiata).

2.2.3.1. Classificazione dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati

Per la definizione della morfologia fluviale dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati, si procede con un'analisi GIS di immagini telerilevate facendo riferimento agli indici di sinuosità, intrecciamento ed anastomizzazione, descritti in dettaglio di seguito.

- **INDICE DI SINUOSITÀ (I_s)**. Si definisce come il rapporto tra lunghezza misurata lungo il corso d'acqua (l_a) e lunghezza misurata per lo stesso tratto seguendo la direzione del tracciato planimetrico complessivo del corso d'acqua. La misura si effettua quasi sempre da immagini telerilevate in ambiente GIS previa georeferenziazione delle immagini.
- **INDICE DI INTRECCIAMENTO (I_i)**. Si definisce come il numero di canali attivi separati da barre. La misura si effettua, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate (generalmente foto aeree). Per ciascun tratto vengono individuate, lungo l'asse dell'alveo, delle sezioni in cui si misura il numero di canali attivi. Il valore finale dell'indice di intrecciamento nel tratto corrisponde al valore medio delle misure effettuate nelle sezioni in esso individuate. Per alvei di piccole o medie dimensioni, per i quali non è agevole la determinazione dell'indice da immagini, la misura viene effettuata sul terreno, limitandosi in questo caso alla scala del sito di rilevamento.
- **INDICE DI ANASTOMIZZAZIONE (I_a)**. Si definisce come il numero di canali attivi separati da isole fluviali. La misura si effettua con modalità analoghe a quelle previste per l'indice di intrecciamento.

Sulla base dei tre precedenti indici, ai quali si aggiungono per alcune tipologie altre osservazioni di tipo qualitativo (si veda in seguito), viene definita la configurazione morfologica complessiva (o pattern morfologico). Le tipologie utilizzate, ed in alcuni casi le soglie dei parametri che le individuano ([Tabella 2.4](#)) tengono conto del contesto di applicazione (territorio italiano) e delle esperienze maturate nell'ambito di ricerche condotte a scala nazionale.

Tabella 2.4 – Differenze tra le varie morfologie fluviali in termini di indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione (in grassetto i valori di soglia dei parametri caratterizzanti, quando definibili).

| TIPOLOGIA | INDICE SINUOSITÀ | INDICE INTRECCIAMENTO | INDICE ANASTOMIZZAZIONE |
|-------------------------------------|----------------------------|--|--|
| Rettilinei (R) | $1 \leq I_s < 1.05$ | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) |
| Sinuosi (S) | $1.05 \leq I_s < 1.5$ | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) |
| Meandriiformi (M) | ≥ 1.5 | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) | $1 \div 1.5$ (di norma pari o prossimo ad 1) |
| Sinuosi a barre alternate (SBA) | < 1.5 | Prossimo ad 1 | Prossimo ad 1 |
| Wandering (W) | < 1.5 | $1 < I_i < 1.5$ | $1 < I_a < 1.5$ |
| Canali intrecciati (CI) | qualunque (di norma basso) | ≥ 1.5 | < 1.5 |
| Anastomizzati (A) | qualunque (anche > 1.5) | $1 \div 1.5$ | ≥ 1.5 |

Le tipologie fluviali, basate sulla forma planimetrica (derivata da telerilevamento), a cui si fa riferimento nella procedura sono le seguenti:

- **Rettilineo**. Si tratta di corsi d'acqua a canale singolo, quindi con indice di intrecciamento generalmente pari o prossimo ad 1, e con un indice di sinuosità inferiore ad 1.05.

- **Sinuoso.** A differenza dei rettilinei, gli alvei di tipo sinuoso hanno un indice di sinuosità superiore ad 1.05 ed inferiore a 1.5.
- **Meandriforme.** Si tratta di un alveo a canale singolo (indice di intrecciamento generalmente pari o prossimo ad 1), caratterizzato da un andamento sinuoso con la formazione di una successione più o meno regolare di meandri. Il principale parametro caratterizzante tale morfologia è l'indice di sinuosità che è superiore ad 1.5.
- **Canali intrecciati.** Si tratta di alvei caratterizzati dalla presenza di più canali separati da barre. Il parametro caratterizzante in questo caso è l'indice di intrecciamento che deve essere superiore a 1.5.
- **Anastomizzato.** Si tratta di alvei caratterizzati dalla presenza di più canali separati da isole vegetate, cioè superfici all'incirca alla stessa quota della pianura inondabile. Il parametro caratterizzante è l'indice di anastomizzazione che deve essere superiore a 1.5.
- **Transizionale.** Rientrano in questa categoria alcune morfologie che presentano caratteri intermedi tra le altre principali tipologie (sinuosi, meandriformi, canali intrecciati, anastomizzati). La caratteristica comune alle morfologie indicate come transizionali consiste nel fatto che esse presentano un alveo relativamente largo e poco profondo, costituito in gran parte da barre emerse, le quali occupano una percentuale elevata dell'area dell'alveo (la lunghezza delle barre laterali presenta valori di norma almeno superiore all'80%, spesso > 90% rispetto alla lunghezza dell'intero tratto), in maniera simile agli alvei a canali intrecciati, ma a differenza di questi ultimi l'intrecciamento è più basso o addirittura assente. In base principalmente alle caratteristiche di intrecciamento, possono essere distinte due **sottotipologie**:
 - o **Wandering:** sono quegli alvei che presentano un alveo relativamente più largo, con situazioni locali di intrecciamento piuttosto diffuse (indice superiore ad 1, ma inferiore ad 1.5), oltre che situazioni locali di anastomizzazione, cioè presenza locale di isole (l'indice di anastomizzazione può essere superiore ad 1).
 - o **Sinuoso a barre alternate:** hanno caratteristiche simili ai precedenti, ma l'alveo in genere è relativamente meno largo e presenta minori situazioni di intrecciamento (indice prossimo ad 1).

2.2.3.2. *Classificazione dei corsi d'acqua confinati*

Per i corsi d'acqua confinati, il criterio di classificazione si differenzia a seconda che siano a canali multipli o transizionali *wandering* oppure a canale singolo.

Nel caso di **canali multipli o transizionali wandering**, vengono adoperati gli stessi criteri di classificazione visti in precedenza (sulla base quindi, a seconda dei casi, dei valori assunti dagli indici di intrecciamento o di anastomizzazione e dalla lunghezza delle barre laterali).

Nel caso di **canale singolo** (inclusi i transizionali sinuosi a barre alternate), la *classificazione di I° livello* non prevede ulteriori suddivisioni, in modo da consentire che tale livello di classificazione, finalizzato alla suddivisione in tratti, sia realizzabile sulla base di analisi di immagini telerilevate e non richieda necessariamente osservazioni sul terreno. Successivamente (contestualmente alla fase di valutazione sul terreno) è possibile procedere alla *Classificazione di II° livello* che si basa sul riconoscimento della configurazione del fondo.

2.2.3.2.1. CLASSIFICAZIONE DI II° LIVELLO

Tale classificazione non è funzionale alla suddivisione in tratti, ma può intervenire nelle fasi successive di valutazione dello stato attuale e di monitoraggio, e viene trattata qui per completezza. Si ricorda che per i corsi d'acqua semiconfinati o non confinati a canale singolo, la classificazione di secondo livello viene comunque applicata fintantoché il fondo risulta visibile.

Una prima suddivisione viene effettuata tra le seguenti categorie:

- **Alveo in roccia.** I tratti in roccia sono contraddistinti dall'assenza, in modo continuo, di un letto alluvionale.
- **Alveo colluviale.** I cosiddetti tratti colluviali (*colluvial*) si distinguono dalle altre tipologie per essere incisi all'interno di materiale colluviale (depositi colluviali e di versante). Possono trovarsi in corrispondenza dei tratti di testata del reticolo idrografico, cioè delle aste di ordine gerarchicamente inferiore (primo ordine).
- **Alveo a fondo mobile.** I tratti a fondo mobile presentano un letto con uno strato di sedimento continuo, anche se grossolano. Nel caso di alveo a canale singolo, si distinguono varie sotto-tipologie utilizzando come criterio la configurazione del fondo:
 - **A gradinata.** In questa tipologia vengono incluse sia le morfologie a gradinata vere e proprie (a *step-pool*, con i gradini e le pozze che occupano l'intera sezione dell'alveo) che quelle configurazioni più caotiche dove ciò non accade (*cascade*, rapide a gradino). La caratteristica unificante di tali tratti è la presenza di un flusso con alternanza di getti in caduta e risalti idraulici (*tumbling flow*) stimabile fino a deflussi di piena ordinaria.
 - **Letto piano.** Il termine letto piano è utilizzato per indicare dei tratti d'alveo con un profilo longitudinale regolare privo di rilevanti variazioni altimetriche e quindi con un pelo libero pressoché parallelo al fondo.
 - **Riffle-pool.** Negli alvei a canale singolo, vengono così definiti i tratti caratterizzati dalla successione di unità a pendenza più sostenuta e tiranti ridotti (*riffle*, talvolta chiamati raschi) e unità aventi tiranti maggiori (*pool*) e pendenze molto basse (fino a negative, pozze o *pool*).
 - **A dune.** I tratti aventi una pendenza modesta ($< 0.5\%$) e con materiale d'alveo costituito prevalentemente da sabbia possono sviluppare una morfologia a dune e increspature (*dune-ripple* per brevità qui indicate solo come "dune"), ossia manifestare le forme di fondo tipiche dei fiumi a fondo sabbioso.
 - **Alveo a fondo artificiale.** Rientrano in questa categoria tutti i casi in cui il fondo è completamente artificiale (cunettoni) o comunque dove l'interdistanza tra le opere trasversali è talmente ravvicinata da non permettere l'instaurarsi di unità morfologiche non dipendenti dall'opera stessa (esclude quindi le pozze di scavo a valle delle opere stesse).

2.2.3.2.2. ALTRI DATI PER LA CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA DEL TRATTO

Si tratta di alcuni parametri che, seppure non influiscano direttamente ai fini dell'attribuzione del tratto di studio ad una tipologia morfologica, sono fondamentali per la caratterizzazione morfologica del tratto stesso.

- **Pendenza media del fondo (*S*):** è il rapporto tra il dislivello di quota del fondo e la distanza misurata lungo l'alveo (adimensionale). Per i tratti semiconfinati e non confinati, se non esistono rilievi topografici pregressi, una stima di prima approssimazione può essere ottenuta da carte topografiche (per i tratti confinati la pendenza è stata già determinata nello **STEP 3**).
- **Larghezza dell'alveo (*L*)** (in m): è la larghezza dell'alveo pieno o "a piene rive" ("*bankfull channel*").
- **Sedimenti dominanti dell'alveo:** ai fini di una più completa caratterizzazione morfologica, è necessario indicare il tipo di sedimenti dominanti presenti nella porzione più attiva dell'alveo (canale e barre), scegliendo tra le seguenti classi granulometriche: Argilla ($d < 0.002$ mm), Limo (0.002 mm $< d < 0.0625$ mm), Sabbia (0.0625 mm $< d < 2$ mm), Ghiaia (2 mm $< d < 64$ mm), Ciottoli (64 mm $< d < 256$ mm), Massi ($d > 256$ mm). Nel caso di sedimenti eterogenei, è possibile indicare più di una classe. Tale osservazione viene effettuata durante la fase di rilievi sul terreno successiva alla suddivisione in tratti.

2.2.4. Definizione della Tipologia fluviale

Il risultato complessivo degli **STEP 2** e **3** porta ad una prima suddivisione del corso d'acqua in una serie di **Tipologie** sulla base del confinamento e della morfologia dell'alveo come riportato in [Tabella 2.5](#):

Tabella 2.5 – Tipologie fluviali derivanti dalla combinazione del confinamento (**STEP 2**) e della morfologia (**STEP 3**).

| CONFINAMENTO | MORFOLOGIA | TIPOLOGIE |
|---------------|---|--|
| Confinato | Canale singolo <i>Wandering</i> Canali intrecciati Anastomizzato | (1) Confinato a canale singolo (2) Confinato <i>wandering</i> (3) Confinato a canali intrecciati (4) Confinato anastomizzato |
| Semiconfinato | Rettilineo Sinuoso Meandriforme Sinuoso a barre alternate <i>Wandering</i> Canali intrecciati Anastomizzato | (5) Semiconfinato rettilineo (6) Semiconfinato sinuoso (7) Semiconfinato meandriforme (8) Semiconfinato sinuoso a barre alternate (9) Semiconfinato <i>wandering</i> (10) Semiconfinato a canali intrecciati (11) Semiconfinato anastomizzato |
| Non confinato | | (12) Non confinato rettilineo (13) Non confinato sinuoso (14) Non confinato meandriforme (15) Non confinato sinuoso a barre alternate (16) Non confinato <i>wandering</i> (17) Non confinato a canali intrecciati (18) Non confinato anastomizzato |

2.2.5. STEP 4 – Suddivisione finale in tratti

Scopo: attraverso questo STEP viene ultimata la definizione di tratti omogenei dal punto di vista morfologico.

Informazioni / dati necessari: discontinuità idrologiche (affluenti, dighe), artificializzazione, dimensioni della pianura, larghezza dell'alveo, profilo longitudinale.

Metodi: telerilevamento / GIS e ricostruzione profilo longitudinale.

Risultati: i segmenti vengono definitivamente suddivisi in tratti, i quali rappresentano l'unità elementare di base funzionale alle analisi successive.

Descrizione: i tre criteri precedenti (ambito fisiografico, confinamento e morfologia) sono quelli alla base della suddivisione in tratti omogenei dal punto di vista morfologico. Tuttavia, per procedere alla suddivisione definitiva, occorre prendere in considerazione anche i seguenti aspetti:

- *discontinuità della pendenza del fondo* (nel caso degli alvei confinati, è il primo criterio di ulteriore suddivisione);
- *discontinuità idrologiche naturali* (affluenti) *o artificiali* (ad es. dighe);
- *artificializzazione*;
- *variazioni delle dimensioni della pianura e/o dell'indice di confinamento*;
- *variazioni della larghezza dell'alveo*;
- *variazioni della granulometria dei sedimenti*.

Altre informazioni / dati: a conclusione della fase di suddivisione in tratti, è utile raccogliere ulteriori informazioni e dati, qualora disponibili, relativamente ai seguenti aspetti:

- **Area di drenaggio** sottesa alla chiusura del tratto, almeno per i tratti successivamente individuati per il monitoraggio.

- **Diametro dei sedimenti:** nel caso in cui fossero disponibili dati relativi a misure granulometriche nel tratto. Tale informazione risulta molto utile, sia per una migliore caratterizzazione della tipologia di alveo che per eventuali stime di trasporto solido.
- **Portate liquide.** In questa fase è utile individuare i punti del sistema fluviale dove esistono sufficienti informazioni sulle portate liquide, vale a dire le **stazioni di misura idrometrica** per le quali sia disponibile un numero sufficiente di dati storici tale da poter delineare con sufficiente grado di dettaglio il regime idrologico. Le informazioni richieste per una caratterizzazione di base delle portate significative per gli aspetti morfologici sono le seguenti:
 - **portata media annua (q_{med}):** ricavata sulla base delle portate giornaliere nell'intervallo di tempo disponibile;
 - **portata $Q_{1,5}$:** portata con tempo di ritorno pari a 1.5 anni, ricavata da analisi statistica delle portate al colmo massime annuali;
 - **portate massime:** verificatesi durante l'intervallo di tempo di registrazione: è utile conoscere il valore della portata di picco e la data (o almeno l'anno) in cui si è verificata. Si possono considerare in questa analisi le portate con tempi di ritorno superiori a 10 anni.
- **Portate solide.** Entrambe le componenti principali del trasporto solido, quello in sospensione e quello al fondo, sono importanti. Tuttavia, ai fini delle modificazioni morfologiche dell'alveo, quello al fondo è il più significativo. La determinazione del trasporto solido, come noto, è molto complessa. È necessario comunque, ai fini di un'analisi morfologica, prendere in considerazione se esistano nel bacino misure pregresse, studi o valutazioni atte a quantificare il trasporto solido in una o più sezioni del sistema fluviale.
- **Opere di alterazione delle portate liquide e solide nel bacino.** È opportuno procedere, già in questa fase, ad una raccolta delle informazioni esistenti riguardo alle opere di alterazione delle portate liquide e solide a scala di bacino. Le **opere di alterazione delle portate liquide** sono le seguenti: dighe, casse di espansione, derivazioni, canali diversivi o scolmatori. Le **opere di alterazione delle portate solide** che occorre considerare sono quelle che sporgono dal fondo dell'alveo e che possono produrre una totale o parziale intercettazione del trasporto solido al fondo, ovvero dighe, briglie, traverse.

2.3 VALUTAZIONE DELLO STATO ATTUALE DEI CORSI D'ACQUA

La valutazione morfologica dei corsi d'acqua si sviluppa per livelli successivi. Si possono distinguere due livelli di approfondimento diversi:

- (1) **Valutazione di primo livello: Classificazione dello stato morfologico attuale.** Si basa sulle condizioni attuali di funzionalità ed artificialità e tiene conto delle variazioni morfologiche subite dal corso d'acqua in tempi relativamente recenti come risultato di alterazioni antropiche passate. Tale valutazione può essere effettuata su singoli tratti del reticolo idrografico con limitate informazioni delle condizioni a scala di bacino e consente quindi una prima classificazione dello stato morfologico tale da permettere di individuare i tratti con maggiori criticità o pregi.
- (2) **Valutazione di secondo livello: Analisi delle cause e definizione delle azioni.** Esaurita la prima fase su tutti i tratti di un sistema idrografico, o su una serie di tratti rappresentativi, è possibile approfondire, anche con l'integrazione di altre informazioni a scala di bacino, la comprensione degli impatti, delle cause e dei rapporti tra tratti o porzioni diverse del bacino. Tale analisi è quindi funzionale alla definizione di azioni e misure per il miglioramento e/o la preservazione dell'attuale stato idromorfologico nei vari tratti.

In questo documento viene trattata la sola **valutazione di primo livello**, mentre per quella di secondo livello si rimanda a sviluppi successivi.

2.3.1. Classificazione dello stato morfologico attuale

La fase di classificazione dello stato attuale viene suddivisa nei seguenti *STEP*:

- (1) **Funzionalità geomorfologica.** Si valutano le forme e la funzionalità dei processi.
- (2) **Artificialità.** Si valuta in base all'esistenza di opere e di interventi.
- (3) **Variazioni morfologiche.** Si valutano le variazioni avvenute negli ultimi decenni (con particolare riferimento agli anni '50 per quanto riguarda le variazioni planimetriche).

Le fasi di analisi della funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche vengono effettuate attraverso l'ausilio di apposite **schede di valutazione**, che consentono un'analisi guidata dei vari aspetti, attraverso l'impiego integrato di analisi GIS da immagini telerilevate e rilevamenti sul terreno. Vengono usati un certo numero di **indicatori**, per indicare attributi o descrittori qualitativi dei vari aspetti considerati e ogni indicatore è poi valutato attraverso una o più variabili quantitative o qualitative. Le schede si differenziano in alcune componenti a seconda della tipologia fluviale (alvei confinati ovvero alvei semiconfinati/non confinati) e delle dimensioni del corso d'acqua, in modo da consentire una valutazione relativa alle caratteristiche morfologiche della tipologia d'alveo alla quale il tratto analizzato appartiene.

Le **variazioni morfologiche** vengono analizzate per i corsi d'acqua di grandi dimensioni (**G**) (larghezza $L > 30$ m), sia per quelli semiconfinati/non confinati che per quelli confinati. Si noti che l'analisi delle variazioni è applicabile anche nel caso in cui la larghezza attuale è < 30 m, ma la larghezza degli anni '50 era > 30 m, laddove si ritiene che le differenze di larghezza tra le due situazioni siano superiori al margine di errore nelle misure e laddove, pur non essendo possibile misurare con esattezza la larghezza attuale, è possibile l'attribuzione ad una data classe di variazione.

Nella [Tabella 2.6](#) è riportata una lista di indicatori relativi ai tre aspetti (**funzionalità, artificialità, variazioni**).

Tabella 2.6 – Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione.

(Alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede).

C: confinati; SC: semiconfinati; NC: non confinati; CI/W: canali intrecciati e *wandering*; G: grandi ($L > 30$ m).

| SIGLA | INDICATORE | CAMPO DI APPLICAZIONE |
|-----------------------------------|--|--|
| Funzionalità | | |
| <i>Continuità</i> | | |
| F1 | Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso | Tutti |
| F2 | Presenza di piana inondabile | Solo SC/NC |
| F3 | Connessione tra versanti e corso d'acqua | Solo C |
| F4 | Processi di arretramento delle sponde | Solo SC/NC |
| F5 | Presenza di una fascia potenzialmente erodibile | Solo SC/NC |
| <i>Morfologia</i> | | |
| <i>Configurazione morfologica</i> | | |
| F6 | Morfologia del fondo e pendenza della valle | Solo C |
| F7 | Forme e processi tipici della configurazione morfologica | SC/NC: tutti; C: solo CI/W |
| F8 | Presenza di forme tipiche di pianura | Solo SC/NC meandriiformi in ambito fisiografico di pianura |
| <i>Configurazione sezione</i> | | |
| F9 | Variabilità della sezione | Tutti |

Tabella 2.6 (continua) – Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione.

(Alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede).

C: confinati; SC: semiconfinati; NC: non confinati; CI/W: canali intrecciati e *wandering*; G: grandi (L > 30 m).

| SIGLA | INDICATORE | CAMPO DI APPLICAZIONE |
|---|--|-----------------------|
| <i>Struttura e substrato alveo</i> | | |
| F10 | Struttura del substrato | Tutti |
| F11 | Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni | Tutti |
| <i>Vegetazione fascia perifluviale</i> | | |
| F12 | Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale | Tutti |
| F13 | Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde | Tutti |
| Artificialità | | |
| <i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i> | | |
| A1 | Opere di alterazione delle portate liquide | Tutti |
| A2 | Opere di alterazione delle portate solide | Tutti |
| <i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i> | | |
| A3 | Opere di alterazione delle portate liquide | Tutti |
| A4 | Opere di alterazione delle portate solide | Tutti |
| A5 | Opere di attraversamento | Tutti |
| <i>Opere di alterazione della continuità laterale</i> | | |
| A6 | Difese di sponda | Tutti |
| A7 | Arginature | Solo SC/NC |
| <i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i> | | |
| A8 | Variazioni artificiali di tracciato | Solo SC/NC |
| A9 | Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato | Tutti |
| <i>Interventi di manutenzione e prelievo</i> | | |
| A10 | Rimozione di sedimenti | Tutti |
| A11 | Rimozione di materiale legnoso | Tutti |
| A12 | Taglio della vegetazione in fascia perifluviale | Tutti |
| Variazioni morfologiche | | |
| V1 | Variazione della configurazione morfologica | Solo G |
| V2 | Variazioni di larghezza | Solo G |
| V3 | Variazioni altimetriche | Solo G |

2.4 ATTRIBUZIONE DEI PUNTEGGI E SINTESI DELLE INFORMAZIONI

Per poter giungere ad una classificazione dello stato morfologico attuale, è necessario definire una procedura di valutazione. Il criterio qui utilizzato rientra tra i sistemi di valutazione a punteggi, ovvero si assegnano ai descrittori (attributi) considerati dei punteggi proporzionali all'importanza che ciascuno di essi assume nella valutazione complessiva.

La procedura qui riportata include un numero elevato di attributi ed indicatori in modo da prendere in considerazione tutti gli aspetti necessari per una valutazione complessiva e consentire, quindi, un'analisi sistematica ed organizzata (seppure non esaustiva) del problema. A tal fine, le alterazioni antropiche sono prese in esame sia dal punto di vista della presenza di elementi di artificialità, che dei loro impatti sulla funzionalità dei processi morfologici e sulle variazioni

morfologiche indotte da tali alterazioni. Gli indicatori relativi alla funzionalità richiedono in una certa misura un livello interpretativo di forme e processi geomorfologici (ovvero uso di indicatori qualitativi), piuttosto che essere basati sulla misura di determinati parametri, pertanto necessitano di esperti con adeguata estrazione professionale e preparazione specifica sull'argomento. Si riportano nelle tabelle seguenti i punteggi assegnati ai singoli indicatori.

Tabella 2.7 – Punteggi relativi agli indicatori di funzionalità.

| CATEGORIE | FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA | | A | B | C |
|--|-----------------------------|---|---|---|-------|
| <i>Continuità</i> | F1 | Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso | 0 | 3 | 5 |
| | F2 | Presenza di piana inondabile | 0 | 3 | 5 |
| | F3 | Connessione tra versanti e corso d'acqua | 0 | 3 | 5 |
| | F4 | Processi di arretramento delle sponde | 0 | 2 | 3 |
| | F5 | Presenza di una fascia potenzialmente erodibile | 0 | 2 | 3 |
| <i>Morfologia Configurazione morfologica</i> | F6 | Morfologia del fondo e pendenza della valle | 0 | 3 | 5 |
| | F7 | Forme e processi tipici della configurazione morfologica | 0 | 3 | 5 |
| | F8 | Presenza di forme tipiche di pianura | 0 | 2 | 3 |
| <i>Configurazione sezione</i> | F9 | Variabilità della sezione | 0 | 3 | 5 |
| <i>Struttura e substrato alveo</i> | F10 | Struttura del substrato | 0 | 2 | 5 6 |
| | F11 | Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni | 0 | | 3 |
| <i>Vegetazione fascia perifluviale</i> | F12 | Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale | 0 | 2 | 3 |
| | F13 | Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde | 0 | 3 | 5 |

Tabella 2.8 – Punteggi relativi agli indicatori di artificialità.

| ARTIFICIALITÀ | | A | B | C |
|---|--|---|-------|--------|
| <i>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</i> | | | | |
| A1 | Opere di alterazione delle portate liquide | 0 | 3 | 6 |
| A2 | Opere di alterazione delle portate solide | 0 | 3 6 | 9 12 |
| <i>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</i> | | | | |
| A3 | Opere di alterazione delle portate liquide | 0 | 3 | 6 |
| A4 | Opere di alterazione delle portate solide | 0 | 4 | 6 |
| A5 | Opere di attraversamento | 0 | 2 | 3 |
| <i>Opere di alterazione della continuità laterale</i> | | | | |
| A6 | Difese di sponda | 0 | 3 | 6 |
| A7 | Arginature | 0 | 3 | 6 |
| <i>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</i> | | | | |
| A8 | Variazioni artificiali di tracciato | 0 | 2 | 3 |
| A9 | Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato | 0 | 3 | 6 8 |
| <i>Interventi di manutenzione e prelievo</i> | | | | |
| A10 | Rimozione di sedimenti | 0 | 3 | 6 |
| A11 | Rimozione di materiale legnoso | 0 | 2 | 5 |
| A12 | Taglio della vegetazione in fascia perifluviale | 0 | 2 | 5 |

Tabella 2.9 – Punteggi relativi agli indicatori di variazioni morfologiche.

| CATEGORIE | VARIAZIONI MORFOLOGICHE | | | | A | B | C | |
|-----------------------------------|-------------------------|---|--|--|---|---|---|--------|
| <i>Morfologia</i> | V1 | Variazione della configurazione morfologica | | | | 0 | 3 | 6 |
| <i>Configurazione morfologica</i> | | | | | | | | |
| <i>Configurazione sezione</i> | V2 | Variazioni di larghezza | | | | 0 | 3 | 6 |
| | V3 | Variazioni altimetriche | | | | 0 | 4 | 8 12 |

Per quanto riguarda l'**attribuzione dei punteggi**, essa si basa sui seguenti **criteri principali**:

- i punteggi attribuiti ai vari attributi sono numeri interi non negativi (come osservabile nelle precedenti tabelle);
- essi esprimono degli scostamenti rispetto alla condizione di riferimento di corso d'acqua non alterato, e sono quindi direttamente proporzionali al grado di alterazione relativo ad un dato indicatore. Pertanto, la **classe A** è associata ad uno scostamento nullo (assenza di alterazioni) mentre la **classe C** è associata al massimo scostamento (massima alterazione);
- i punteggi sono stati differenziati tenendo conto dell'importanza relativa di ogni indicatore;
- i punteggi tengono inoltre conto del peso che si ritiene possa avere ognuna delle tre categorie (**Funzionalità, Artificialità e Variazioni**) sul punteggio.

La somma dei punteggi relativi a tutti gli indicatori fornisce, dunque, una misura dello scostamento rispetto alla condizione di riferimento. In base ad essi viene definito un **Indice di Alterazione Morfologica (IAM)** e quindi un **Indice di Qualità Morfologica $IQM=1-IAM$** , con significato corrispondente all'*EQR (Environmental Quality Ratio)*. Tale indice infatti assume valore pari ad 1 nel caso di un corso d'acqua completamente inalterato (coincidente con condizione di riferimento) e pari a 0 per un corso d'acqua completamente alterato. Sulla base dei valori dell'*IQM*, sono state definite le **classi di qualità morfologica** secondo quanto specificato nella tabella di seguito riportata.

Tabella 2.10 – Classi di qualità morfologica.

| IQM | CLASSE DI QUALITÀ |
|-----------------------|-------------------------------|
| $0.0 \leq IQM < 0.3$ | PESSIMO O CATTIVO |
| $0.3 \leq IQM < 0.5$ | SCADENTE O SCARSO |
| $0.5 \leq IQM < 0.7$ | MODERATO O SUFFICIENTE |
| $0.7 \leq IQM < 0.85$ | BUONO |
| $0.85 \leq IQM < 1.0$ | ELEVATO |

I valori dei punteggi relativi ai vari indicatori ed i limiti tra le classi di qualità sono stati verificati e meglio definiti a seguito di una fase di test che è stata condotta su un numero sufficientemente elevato di tratti rappresentativi di diverse morfologie (confinati, semi- e non confinati, meandriformi, a canali intrecciati, ecc.) e di varie situazioni di antropizzazione (da corsi d'acqua relativamente naturali a fortemente antropizzati).

Inoltre data la struttura in categorie, è possibile calcolare diversi **sub-indici** ovvero suddividere gli indici *IAM* ed *IQM* nelle varie componenti. Ciò può essere utile ad esempio per meglio identificare quali siano le criticità e/o i pregi di un tratto.

In particolare si può procedere al calcolo dei sub-indici di funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche (o "**sub-indici verticali**") oppure si può effettuare un'analogia ripartizione secondo le categorie: Continuità, Morfologia, Vegetazione ("**sub-indici orizzontali**").

2.5 DESCRIZIONE DEGLI INDICATORI

In questa sezione si riporta in maggior dettaglio una descrizione di ogni indicatore fornendo indicazioni su:

- scala spaziale (longitudinale e laterale);
- tipo di misura (terreno o immagini telerilevate);
- tipologia (confinato o semi- non confinato);
- campi di applicazione (nel caso l'indicatore debba essere applicato solo in determinati casi).

Per quanto riguarda la **scala spaziale**, si possono fornire le seguenti indicazioni generali. Nel caso di indicatori osservati o misurati da immagini telerilevate, la scala spaziale longitudinale è di norma l'intero tratto (indicato di seguito come *Tratto*). Nel caso di indicatori morfologici osservati/misurati sul terreno, il sito (scelto con criteri di rappresentatività del tratto relativamente a più aspetti possibili) è l'unità spaziale di riferimento (indicato di seguito come *Sito*). Tuttavia per alcuni indicatori per i quali è richiesta la definizione dell'estensione/continuità nel tratto (ad esempio la piana inondabile o la vegetazione della fascia perfluviale) è necessario estendere il più possibile le informazioni del *Sito* al *Tratto* con l'ausilio, quando possibile, di immagini telerilevate ed attraverso ricognizioni sul terreno più speditive in altri punti del *Tratto* (indicato di seguito come *Sito/Tratto*). Per quanto riguarda gli elementi di artificialità, è necessario conoscere le opere/interventi relativamente a tutto il *Tratto*. In caso di mancata disponibilità di tali informazioni da parte degli enti preposti, sono necessari controlli sul terreno: se il censimento delle opere esistenti si limita ad una parte del *Tratto*, la valutazione finale è valida a rigore solo per quella porzione del *Tratto*. Infine, la scala spaziale laterale indica l'estensione laterale entro la quale vanno condotte le osservazioni (alveo, piana inondabile, ecc.).

2.5.1. Funzionalità

2.5.1.1. Continuità

F1: Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso

| SCALA SPAZIALE | |
|---|---|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Rilievo sul terreno e immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| A | Assenza o presenza molto trascurabile di alterazioni della continuità di flusso di sedimenti e materiale legnoso, ovvero non sono presenti significativi ostacoli o intercettazioni al libero passaggio di materiale solido legati ad opere trasversali e/o di attraversamento (es. ponte senza pile o con ampie luci, ecc.). |
| B | Lieve alterazione della continuità di flusso di sedimenti e materiale legnoso, ovvero la maggior parte del materiale solido riesce a transitare lungo il tratto. Possono esistere forme deposizionali che indicano la deposizione di parte (frazione più grossolana) del trasporto solido al fondo da parte di opere trasversali, di attraversamento e/o pennelli, ma senza completa intercettazione (es. in presenza di ponti con luci strette e pile, gradinata di briglie di consolidamento in ambito montano); il materiale legnoso di dimensioni maggiori viene trattenuto da pile di ponti e/o opere filtranti. |
| C | Forte alterazione della continuità di flusso di sedimenti e materiale legnoso, ovvero esiste una forte discontinuità di forme (sedimenti) a monte ed a valle di una o più opere in quanto il trasporto di fondo e/o di materiale legnoso è fortemente intercettato (es. in presenza di briglie o traverse di derivazione non colmate in ambito di pianura, o briglie di trattenuta non colmate in ambito montano). |

F2: Presenza di piana inondabile

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate e rilievo sul terreno | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI VALUTA NEL CASO DI ALVEI IN AMBITO MONTANO LUNGO CONOIDI A FORTE PENDENZA (> 3%) |
| A | Presenza di piana inondabile con buona continuità (> 66% della lunghezza del tratto) e sufficientemente ampia, vale a dire larghezza media complessiva (somma sui due lati) di almeno 2 volte la larghezza dell'alveo ($\geq 2La$) per corsi d'acqua a canale singolo (inclusi i sinuosi a barre alternate), o $\geq La$ nel caso di corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> . |
| B | Presenza di piana inondabile discontinua (10÷66% della lunghezza del tratto) di qualunque ampiezza, oppure con buona continuità (> 66% della lunghezza del tratto) ma non sufficientemente ampia, ovvero larghezza complessiva $\leq 2La$ (corsi d'acqua a canale singolo o sinuosi a barre alternate) o $\leq La$ (corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>). |
| C | Assenza di piana inondabile oppure presenza trascurabile ($\leq 10\%$ della lunghezza del tratto qualunque sia l'ampiezza). |

F3: Connessione tra versanti e corso d'acqua

| SCALA SPAZIALE | |
|---|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura/Versanti adiacenti |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate e rilievo sul terreno | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| A | Esiste un pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (alveo o piana inondabile) che si estende per quasi tutto il tratto (> 90%). |
| B | Il collegamento tra versanti e corridoio fluviale si estende per una parte significativa del tratto (33÷90%). |
| C | Il collegamento tra versanti e corridoio fluviale si estende ad una piccola porzione del tratto ($\leq 33\%$). |

F4: Processi di arretramento delle sponde

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate e/o rilievo sul terreno | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI VALUTA IN CASO DI ALVEI RETTILINEI O SINUOSI A BASSA ENERGIA (BASSA PIANURA, BASSE PENDENZE E/O BASSO TRASPORTO AL FONDO) |
| A | Presenza di frequenti sponde in arretramento: l'erosione di sponda è osservata in più punti lungo il tratto. I fenomeni erosivi si concentrano soprattutto sul lato esterno delle curve (in fiumi a canale singolo sinuoso-meandriformi) e/o di fronte a barre (alvei <i>wandering</i> o a canali intrecciati). |
| B | Sponde in arretramento poco frequenti rispetto a quanto atteso in quanto impedito da opere e/o scarsa dinamica dell'alveo: l'erosione di sponda è osservata solo localmente e si manifesta per lunghezze di solito limitate. |
| C | Completa assenza o presenza molto trascurabile (erosioni molto localizzate) di sponde in arretramento a causa di eccessivo controllo antropico (interventi di protezione) e/o dinamica dell'alveo assente (eccetto che per i tratti per loro natura a bassa energia: si veda CAMPI DI APPLICAZIONE), oppure presenza di sponde instabili per movimenti di massa (a causa di eccessiva altezza) molto comuni lungo una parte prevalente del tratto (tratti fortemente instabili per un processo d'incisione). |

F5: Presenza di una fascia potenzialmente erodibile

| SCALA SPAZIALE | |
|---------------------------------------|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| A | Presenza di una fascia potenzialmente erodibile con buona continuità (> 66% del tratto) e sufficientemente ampia, ovvero larghezza media complessiva (somma sui due lati) di almeno 2 volte la larghezza dell'alveo ($\geq 2La$) per corsi d'acqua a canale singolo (inclusi sinuosi a barre alternate), o $\geq La$ nel caso di corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> . |
| B | Presenza di una fascia erodibile ampia ma con media continuità (33÷66%), oppure continuità superiore ma fascia erodibile ristretta, ovvero larghezza media complessiva $\leq 2La$ (corsi d'acqua a canale singolo o sinuosi a barre alternate) o $\leq La$ (corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>). |
| C | Presenza di una fascia erodibile di qualunque ampiezza ma con scarsa continuità ($\leq 33\%$). |

2.5.1.2. Morfologia**F6: Morfologia del fondo e pendenza della valle**

| SCALA SPAZIALE | |
|---|---|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Rilievo sul terreno e immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA A CONFINATI A CANALE SINGOLO. NON SI APPLICA NEL CASO DI CONFINATI CON FONDO IN ROCCIA, NONCHÉ NEL CASO DI CORSI D'ACQUA PROFONDI PER I QUALI NON È POSSIBILE OSSERVARE LA CONFIGURAZIONE DEL FONDO. |
| A | Forme di fondo coerenti con la pendenza media della valle: la morfologia di fondo corrisponde a quella attesa in base alla pendenza media della valle lungo il tratto (Tabella 2.11). Rientrano in questa categoria anche le morfologie imposte da fattori naturali (quali <i>log step</i> , frane, morene, ecc.) che localmente possono determinare delle forme di fondo non attese (es. unità a <i>riffle</i> in tratti ad elevata pendenza, salti e pozze su tratti a bassa pendenza). |
| B | Forme di fondo non coerenti con la pendenza media della valle: la morfologia del fondo non corrisponde a quella attesa in base alla pendenza della valle a causa di opere trasversali (dighe, traverse, briglie, soglie, rampe, anche se realizzate con tecniche di Ingegneria Naturalistica). Ciò si verifica se la pendenza del fondo che si è instaurata tra le opere è molto diversa rispetto a quella originaria e tale da spostare l'alveo di categoria (Tabella 2.11). |
| C | Completa alterazione delle forme di fondo: rientrano in questa categoria tutti i casi in cui il fondo è completamente artificiale (cunettoni) o comunque dove l'interdistanza tra le opere trasversali è talmente ravvicinata da non permettere l'instaurarsi di unità morfologiche naturali attribuibili ad una categoria morfologica. Sono generalmente tali i casi in cui la buca di scavo a valle di ogni opera si estende per una lunghezza > 40÷50% dell'interdistanza tra due opere successive. |

Tabella 2.11 – Relazioni tra campi di pendenze e morfologia del fondo attesa.

| MORFOLOGIA DEL FONDO | GRANULOMETRIA DOMINANTE | INTERVALLO DI PENDENZE (%) |
|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| Dune | Sabbia e ghiaia fine | ≤ 0.2 |
| <i>Riffle-pool</i> | Ghiaia e ciottoli | < 2 |
| Letto piano | Ciottoli e ghiaia | 1÷4 |
| Gradinata | Massi e ciottoli | > 3 |

F7: Forme e processi tipici della configurazione morfologica

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Rilievo terreno e/o immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NEL CASO DI CONFINATI SI APPLICA SOLO AD ALVEI A CANALI MULTIPLI O WANDERING |
| A | <p>Assenza o presenza localizzata ($\leq 5\%$) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale.</p> <p><i>Canali intrecciati</i>: tipica presenza di più canali attivi con numerose biforcazioni e barre longitudinali, frequente presenza di isole pioniere, talora di isole mature.</p> <p><i>Anastomizzati</i>: tipica presenza di più canali attivi con vario grado di sinuosità separati da isole vegetate.</p> <p><i>Transizionali wandering</i>: tipica alternanza di barre laterali, canali di <i>chute cut off</i>, canale di magra fortemente sinuoso e relativamente stretto rispetto all'alveo di piena, locali condizioni di intrecciamento, presenza di isole pioniere e talora di isole mature.</p> <p><i>Transizionali sinuosi a barre alternate</i>: tipica alternanza di barre laterali, canali di <i>chute cut off</i>, canale di magra fortemente sinuoso e relativamente stretto rispetto all'alveo di piena, tipico susseguirsi di alternanze di <i>riffle</i> e <i>pool</i> (eccetto che in fiumi a fondo sabbioso).</p> <p><i>Sinuosi, meandriiformi con barre</i>: barre laterali o di meandro, frequenti erosioni delle sponde esterne (soprattutto nei meandriiformi), possibili canali di <i>chute cut off</i>, tipico susseguirsi di alternanze di <i>riffle</i> e <i>pool</i> (eccetto che in fiumi a fondo sabbioso).</p> <p><i>Rettilinei, sinuosi, meandriiformi di bassa energia</i>: non presentano necessariamente una significativa eterogeneità di forme: possono essere stabili planimetricamente e privi di barre.</p> |
| B | Alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale per una porzione limitata del tratto ($\leq 33\%$), con caratteristiche tipiche della morfologia meno riconoscibili e discontinue. |
| C | Consistenti alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale per una porzione significativa del tratto ($> 33\%$) in relazione a forte degradazione fisica e/o pressione antropica. |

F8: Presenza di forme tipiche di pianura

| SCALA SPAZIALE | |
|---------------------------------------|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA SOLO AD ALVEI MEANDRIIFORMI IN AMBITO FISIOGRAFICO DI PIANURA |
| A | Sono presenti nella pianura forme fluviali attuali di origine naturale (laghi di meandro abbandonato, canali secondari, tracce di meandro abbandonato, zone stagnanti, ecc.). |
| B | Sono presenti nella pianura solo tracce di forme fluviali, non attuali (abbandonate a partire dagli anni '50 circa) ma riattivabili a seguito di interventi o di recupero morfologico dell'alveo principale. |
| C | Completa assenza nella pianura di forme fluviali attuali o riattivabili. |

F9: Variabilità della sezione

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Sito/Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Rilievo terreno e immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| A | Assenza o presenza localizzata ($\leq 5\%$ del tratto) di alterazioni della naturale eterogeneità della sezione per tutto il tratto: esiste una variabilità della sezione (larghezza e profondità), in relazione alla presenza di barre, vegetazione, massi, condizionamenti di versante, e/o presenza di frequenti zone di separazione della corrente adiacenti alle sponde. Oppure presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $\leq 10\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |
| B | Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzioni limitate del tratto ($\leq 33\%$): esiste una variabilità della sezione per $> 66\%$ della lunghezza del tratto, e/o presenza saltuaria di zone di separazione della corrente. Oppure presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |
| C | Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzioni significative del tratto ($> 33\%$): la sezione (larghezza e profondità) è pressoché omogenea lungo una porzione significativa del tratto ($> 33\%$), e/o assenza di zone di separazione della corrente adiacenti alle sponde. Oppure presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $> 66\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |
| TIPOLOGIA | Semi- non confinati |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | Non si valuta in caso di alvei rettilinei, sinuosi, meandriformi per loro natura privi di barre (bassa pianura, basse pendenze e/o basso trasporto al fondo) (naturale omogeneità di sezione) |
| A | Assenza di alterazioni o presenza localizzata ($\leq 5\%$ del tratto) della naturale eterogeneità della sezione lungo tutto il tratto: esiste una naturale variabilità della larghezza, in relazione alla presenza di barre e curvature (tipicamente alveo più largo agli apici delle curve e più stretto nei tratti di flessio o rettilinei), abbinata ad una naturale variabilità altimetrica dell'alveo in sezione trasversale, in relazione alla presenza di barre laterali o di meandro, eventuali barre alte, isole (mature e pioniere), canali secondari e sponde naturali. Oppure (escluso nel caso di alvei di grandi dimensioni) presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $\leq 10\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |
| B | Alterazioni della naturale eterogeneità della sezione per porzioni limitate del tratto ($\leq 33\%$): esiste una naturale variabilità della larghezza lungo il tratto e/o una variabilità altimetrica nella sezione trasversale per $> 66\%$ della lunghezza del tratto. Oppure (escluso nel caso di alvei di grandi dimensioni) presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |
| C | Presenza di alterazioni della naturale eterogeneità della sezione per porzioni significative del tratto ($> 33\%$): la larghezza si mantiene costante e/o la configurazione della sezione trasversale è uniforme e riconducibile ad una forma trapezia per una porzione significativa del tratto ($> 33\%$). Oppure (escluso nel caso di alvei di grandi dimensioni) presenza di alterazioni solo da un lato dell'alveo per $> 66\%$ della lunghezza totale delle sponde (ovvero somma di entrambe). |

F10: Struttura del substrato

| SCALA SPAZIALE | |
|---------------------------------|---|
| LONGITUDINALE: Sito | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI VALUTA NEL CASO DI FONDO IN ROCCIA O FONDO SABBIOSO, NONCHÉ NEL CASO DI CORSI D'ACQUA PROFONDI PER I QUALI NON È POSSIBILE OSSERVARE IL FONDO |
| A | Naturale eterogeneità della granulometria dei sedimenti in relazione alle diverse unità sedimentarie (<i>step, pool, riffle</i>), con situazioni di <i>clogging</i> poco significativo. |
| B | Presenza evidente e diffusa di <i>clogging</i> in varie porzioni del sito. |
| C1 | Presenza evidente e diffusa di <i>clogging</i> su gran parte del sito ($>90\%$ del sito). |
| C2 | Completa alterazione del substrato per diffusa presenza ($> 33\%$ del tratto) di rivestimenti del fondo (sia permeabili che impermeabili). |

| | |
|------------------------------|---|
| TIPOLOGIA | Semi- non confinati |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | Non si valuta nel caso di fondo sabbioso, nonché nel caso di corsi d'acqua profondi per i quali non è possibile osservare il fondo |
| A | Naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti in relazione alle diverse unità sedimentarie (barre, canale, riffle, pool) ed anche all'interno di una stessa unità, con situazioni di corazzamento e/o clogging poco significativi. |
| B | Presenza di corazzamento accentuato o presenza evidente di clogging in varie porzioni del sito. |
| C1 | Presenza di corazzamento o di clogging evidente e diffusa su gran parte del sito (> 90% del sito) oppure presenza di affioramenti del substrato occasionali (e comunque per una lunghezza \leq 33% del tratto) attribuibili ad incisione del materasso alluvionale. |
| C2 | Presenza diffusa (> 33% del tratto) di affioramenti del substrato attribuibili ad incisione del materasso alluvionale o completa alterazione del substrato per diffusa presenza (> 33% del tratto) di rivestimenti del fondo (sia permeabili che impermeabili). |

F11: Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni

| | |
|---|---|
| SCALA SPAZIALE | |
| <i>LONGITUDINALE</i> : Sito | <i>LATERALE</i> : Alveo |
| TIPO DI MISURA : Rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE |
| A | Presenza significativa di materiale legnoso: è presente del materiale legnoso di grandi dimensioni (piante, tronchi, ceppaie, rami) nell'alveo e/o sulle sponde. |
| C | Presenza molto limitata o completa assenza di materiale legnoso: non si riscontra una presenza significativa di materiale legnoso all'interno dell'alveo (comprese le isole) né sulle sponde. |
| <p>1) In alvei confinati: nel caso di larghezza alveo piene rive > altezza media alberi, e di profondità media alveo piene rive > diametro medio alberi ed assenza di ostacoli significativi (es. massi di grandi dimensioni), si assegna A (tratto di trasporto di legname: naturale assenza).</p> <p>2) In alvei semi- non confinati: in caso di alvei privi di barre (bassa pianura) la relativa abbondanza di materiale legnoso è da valutare in prossimità delle sponde.</p> | |

2.5.1.3. Vegetazione nella fascia perifluviale

F12: Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

| SCALA SPAZIALE | |
|---------------------------------------|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale (per SC/NC); Pianura/Versanti adiacenti (per C) |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE |
| A | <p>Ampiezza delle formazioni funzionali elevata, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - per corsi d'acqua <i>confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali che occupa > 90% dell'ampiezza dell'eventuale piana e dei versanti adiacenti (50 m da ogni sponda, si escludono le porzioni in roccia o in frana). La fascia ospita sia formazioni arboree (con copertura spaziale significativa, ovvero > 33% della fascia) che arbustive spontanee. - per corsi d'acqua <i>semi- non confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza complessiva (somma sui due lati) di almeno nLa, dove La è la larghezza dell'alveo, $n = 2$ per corsi d'acqua a canale singolo, oppure $n = 1$ per corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>. La fascia ospita sia formazioni arboree che arbustive, con presenza significativa delle prime (> 33% della fascia è occupata da formazioni arboree). |
| B | <p>Ampiezza delle formazioni funzionali intermedia, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - per corsi d'acqua <i>confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali con ampiezza 33÷90% di tutta l'eventuale piana e dei versanti adiacenti (50 m da ogni sponda, si escludono le porzioni in roccia o in frana). La fascia delle formazioni funzionali ospita sia formazioni arboree che arbustive, con presenza significativa delle prime (copertura delle formazioni arboree > 33% della fascia). <p>Oppure ampiezza come caso A, ma le formazioni arbustive sono fortemente prevalenti su quelle arboree (copertura delle formazioni arboree $\leq 33\%$ della fascia).</p> <ul style="list-style-type: none"> - per corsi d'acqua <i>semi- e non confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza compresa tra $0.5La$ e nLa, dove $n = 2$ per corsi d'acqua a canale singolo, oppure $n=1$ per corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>. <p>Oppure come caso A ma l'ampiezza > nLa è determinata dalla presenza di formazioni parzialmente funzionali (es. pioppeti artificiali), oppure le formazioni arbustive sono fortemente prevalenti su quelle arboree (copertura delle formazioni arboree $\leq 33\%$ della fascia).</p> |
| C | <p>Ampiezza limitata delle formazioni funzionali, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - per corsi d'acqua <i>confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali con ampiezza $\leq 33\%$ di tutta l'eventuale piana ed i versanti adiacenti (50 m da ogni sponda, si escludono le porzioni in roccia o in frana). <p>Oppure ampiezza come caso B, ma le formazioni arbustive sono fortemente prevalenti su quelle arboree (copertura delle formazioni arboree $\leq 33\%$ della fascia).</p> <ul style="list-style-type: none"> - per corsi d'acqua <i>semi- non confinati</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza complessiva (somma sui due lati) $\leq 0.5La$ (qualunque tipologia), oppure come caso B ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea) o presenza di sole formazioni arbustive. <p>Oppure ampiezza come caso B, ma l'ampiezza > $0.5La$ è determinata dalla presenza di formazioni parzialmente funzionali (es. pioppeti artificiali), oppure le formazioni arbustive sono fortemente prevalenti su quelle arboree (copertura delle formazioni arboree $\leq 33\%$ della fascia).</p> |

F13: Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde

| SCALA SPAZIALE | |
|---------------------------------------|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Sponde |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE |
| A | Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza > 90% della lunghezza massima disponibile (ovvero somma di entrambe le sponde escluso quelle in roccia o in frana). Presenza di formazioni sia arboree (> 33% in lunghezza delle formazioni funzionali) che arbustive spontanee. |
| B | Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza del 33÷90% della lunghezza massima disponibile. Oppure come caso A, ma l'estensione > 90% è determinata dalla presenza di formazioni parzialmente funzionali (es. pioppeti industriali, filari), o vi è forte prevalenza di formazioni arbustive (formazioni arboree < 33% in lunghezza delle formazioni funzionali). |
| C | Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza ≤ 33% della lunghezza massima disponibile. Oppure come caso B, ma l'estensione > 33% è determinata dalla presenza di formazioni parzialmente funzionali (es. pioppeti artificiali, filari), o vi è forte prevalenza di formazioni arbustive (formazioni arboree < 33% in lunghezza delle formazioni funzionali). |

2.5.2. Artificialità

2.5.2.1. Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1: Opere di alterazione delle portate liquide

| SCALA SPAZIALE | |
|--|-------------------------------|
| LONGITUDINALE: Bacino sotteso | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate | |

Ai fini della valutazione dell'indicatore *A1*, vengono prese in considerazione le seguenti **due classi di portate**: (1) portate formative; (2) portate con $TR > 10$ anni.

I dati di portata necessari per le stime delle portate significative, così come i dati relativi alle loro alterazioni dovute alle opere presenti, spesso non sono disponibili. Pertanto di seguito si distinguono **due procedure**, a seconda della **disponibilità o meno di dati**.

1. DISPONIBILITÀ DI DATI

| TIPOLOGIA | TUTTI |
|-----------|--|
| A | Assenza di opere di alterazione delle portate liquide (dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) oppure presenza di derivazioni di portate liquide ma con effetti nulli o poco significativi (variazioni $\leq 10\%$) sulle portate formative e anche sulle portate di piena con $TR > 10$ anni. |
| B | Presenza di opere (dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) tali da alterare significativamente le portate di piena con $TR > 10$ anni, con effetti poco significativi sulle portate formative. |
| C | Presenza di opere (dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) con effetti significativi (variazioni $> 10\%$) sulle portate formative. |

2. INDISPONIBILITÀ DI DATI

| TIPOLOGIA | TUTTI |
|-----------|---|
| A | Assenza di opere di alterazione delle portate liquide oppure prive di effetti sulle portate formative. |
| B | Presenza di dighe (area sottesa $> 5\%$ dell'area sottesa dal tratto) con scopi di laminazione delle portate di piena oppure di diversivi o scolmatori o casse di espansione che entrano in funzione solo per portate di piena non frequenti ($TR > 10$ anni). |
| C | Presenza di dighe (area sottesa $> 5\%$ dell'area sottesa dal tratto) con scopi di laminazione delle portate di piena oppure diversivi o scolmatori o casse di espansione che entrano in funzione per portate di piena frequenti ($TR < 10$ anni). |

A2: Opere di alterazione delle portate solide

| SCALA SPAZIALE | |
|---|---|
| LONGITUDINALE: Bacino sotteso | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| A | Assenza di opere che possano alterare il normale transito di sedimenti lungo il reticolo idrografico o presenza di briglie e/o dighe ma tali, per numero e/o bacino sotteso, da poter ritenersi trascurabili. Le dighe si considerano ininfluenti per $Ao \leq 5\% At$, ovvero per aree sottese (Ao) inferiori al 5% dell'area sottesa dal tratto (At). Le altre opere trasversali (briglie, traverse) si considerano ininfluenti per $Ao \leq 33\% At$. |
| B1 | Presenza di diga (<i>qualunque ambito</i>) per $5\% At < Ao \leq 33\% At$. <i>Ambito montano</i> : presenza di una o più briglie di trattenuta non colmate per $33\% At < Ao \leq 66\% At$, oppure di una o più briglie di trattenuta colmate o aperte o sequenza di briglie di consolidamento per $Ao > 66\% At$. <i>Ambito collinare-di pianura</i> : presenza di una o più briglie o traverse con completa intercettazione (notevoli dimensioni) per $33\% At < Ao \leq 66\% At$ oppure di una o più briglie o traverse con intercettazione parziale o nulla per $Ao > 33\% At$. |
| B2 | Presenza di diga (<i>qualunque ambito</i>) per $33\% At < Ao \leq 66\% At$. <i>Ambito montano</i> : presenza di una o più briglie di trattenuta non colmate per $Ao > 66\% At$ o all'estremità a monte del tratto. <i>Ambito collinare-di pianura</i> : presenza di una o più briglie o traverse con completa intercettazione (notevoli dimensioni) per $Ao > 66\% At$ o all'estremità a monte del tratto. |
| C1 | Presenza di diga per $Ao > 66\% At$ (<i>qualunque ambito</i>). |
| C2 | Presenza di una diga all'estremità a monte del tratto (<i>qualunque ambito</i>). |
| <i>Presenza di misure o dispositivi di rilascio di sedimenti a valle: nel caso in cui l'opera sia dotata di dispositivi o di procedure tali da consentire il transito di tutto il trasporto solido a valle (completo by-pass), essa si attribuisce a due classi inferiori. Se sono presenti dispositivi di rilascio di sedimenti a valle che consentono un transito elevato, ma non totale, del trasporto solido a valle, l'opera si attribuisce ad una classe inferiore.</i> | |

Essendo Ao l'area sottesa dalle opere trasversali e At l'area sottesa dal tratto.

2.5.2.2. Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto**A3: Opere di alterazione delle portate liquide (diversivi, scolmatori, casse di espansione)**

| SCALA SPAZIALE | |
|---|-------------------------------|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Zone laterali alveo |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere e immagini telerilevate | |

La presenza di tali opere è facilmente riscontrabile da **immagini telerilevate**, mentre le informazioni necessarie per l'attribuzione ad una delle classi devono essere desunte dal **catasto opere** o direttamente dagli **enti responsabili**. In maniera del tutto analoga all'indicatore *A1*, si possono distinguere **due procedure**, a seconda che siano **disponibili o meno dati di portata**.

1. DISPONIBILITÀ DI DATI.

| TIPOLOGIA | TUTTI |
|-----------|---|
| A | Assenza di altre opere di alterazione delle portate liquide (diversivi, scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) oppure presenza di derivazioni di portate liquide ma con effetti nulli o poco significativi (variazioni $\leq 10\%$) sulle portate formative e anche sulle portate di piena con $TR > 10$ anni. |
| B | Presenza di opere (derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) tali da alterare significativamente le portate di piena con $TR > 10$ anni, con effetti poco significativi sulle portate formative. |
| C | Presenza di opere (derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali) con effetti significativi (variazioni $> 10\%$) sulle portate formative. |

2. INDISPONIBILITÀ DI DATI.

| TIPOLOGIA | | TUTTI |
|-----------|---|-------|
| A | Assenza di opere di alterazione delle portate liquide oppure presenza di opere (es. derivazioni) prive di effetti sulle portate formative. | |
| B | Presenza di diversivi o scolmatori o casse di espansione che entrano in funzione solo per portate di piena non frequenti ($TR > 10$ anni). | |
| C | Presenza di diversivi o scolmatori o casse di espansione che entrano in funzione per portate di piena frequenti ($TR < 10$ anni). | |

A4: Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle)

| SCALA SPAZIALE | | |
|--|--|-------|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Alveo | |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno | | |
| TIPOLOGIA | | TUTTI |
| A | Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione delle portate solide: non esistono opere finalizzate alla trattenuta del materiale solido e legnoso (briglie, traverse) o che comportano un'intercettazione delle portate solide (casse in linea, diga a valle) seppure non realizzate per tale scopo. | |
| B | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ambito montano</i> (alvei confinati, oppure semi- non confinati a pendenze relativamente elevate, ad es., lungo conoidi): Presenza di briglie di consolidamento con densità relativamente bassa (≤ 1 ogni 200 m in media nel tratto) e/o presenza di briglie di trattenuta, ma di tipologia filtrante (briglie aperte) (rientrano in questa categoria anche le casse di espansione in linea). - <i>Ambito di pianura</i>: Presenza di una o alcune briglie e/o traverse (≤ 1 ogni 1000 m in media nel tratto) (rientrano in questa categoria anche le casse di espansione in linea). | |
| C | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ambito montano</i> (alvei confinati, oppure semi- non confinati a pendenze relativamente elevate, ad es., lungo conoidi): Presenza di briglie di consolidamento con densità elevata (> 1 ogni 200 m in media nel tratto) e/o presenza di una o più briglie di trattenuta a corpo pieno. - <i>Ambito di pianura</i>: Presenza di numerose briglie e/o traverse (> 1 ogni 1000 m in media nel tratto) oppure presenza di diga e/o invaso artificiale all'estremità a valle del tratto (<i>qualunque ambito</i>). | |
| <p><i>Nel caso l'insieme delle opere trasversali, incluse soglie o rampe in massi (vedi indicatore A9), sia estremamente diffuso, ovvero > 1 ogni 100 m per alvei confinati, o semi- non confinati di ambito montano, oppure > 1 ogni 500 m nel caso di alvei di ambito di pianura o collinare, aggiungere 12.</i></p> | | |

A5: Opere di attraversamento (ponti, guadi, tombinature)

| SCALA SPAZIALE | | |
|--|--|-------|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Alveo | |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate, carte topografiche, rilievo terreno | | |
| TIPOLOGIA | | TUTTI |
| A | Assenza di opere di attraversamento. | |
| B | Presenza di alcune opere di attraversamento (≤ 1 ogni 1000 m in media nel tratto). | |
| C | Presenza diffusa di opere di attraversamento (> 1 ogni 1000 m in media nel tratto). | |

2.5.2.3. Opere di alterazione della continuità laterale

A6: Difese di sponda (muri, scogliere, Ingegneria Naturalistica, pennelli)

| SCALA SPAZIALE | |
|--|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Sponde |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| A | Assenza di difese di sponda oppure presenza solo di difese localizzate ($\leq 5\%$ lunghezza totale delle sponde). |
| B | Presenza di difese di sponda per una lunghezza $\leq 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe). |
| C | Presenza di difese di sponda per una lunghezza $> 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe). |
| Nel caso le difese di sponda interessino il tratto quasi per la sua interezza (ovvero $> 80\%$), <u>aggiungere 12</u> | |

A7: Arginature

| SCALA SPAZIALE | |
|--|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Rilievo terreno e/o immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| A | Argini assenti o distanti (ovvero distanza $> La$) per qualunque lunghezza, oppure presenza localizzata di argini vicini e/o a contatto (complessivamente $\leq 10\%$ della lunghezza totale delle sponde escluse quelle in contatto diretto con versanti). |
| B | Presenza di argini vicini e/o a contatto per lunghezza $> 10\%$ della lunghezza totale delle sponde, escluse quelle in contatto diretto con versanti, comprendenti i seguenti casi: (a) lunghezza argini a contatto $\leq 50\%$ (indipendentemente da % argini vicini); (b) se la lunghezza complessiva vicini e a contatto $> 90\%$, allora quelli a contatto devono essere $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde (escluse quelle in contatto diretto con versanti). |
| C | Presenza di argini vicini e/o a contatto non rientranti nella classe precedente, ovvero: (a) lunghezza argini a contatto $> 50\%$ (indipendentemente da % argini vicini); (b) lunghezza complessiva vicini e a contatto $> 90\%$, dei quali argini a contatto $> 33\%$ della lunghezza totale delle sponde (escluse quelle in contatto diretto con versanti). |
| Nel caso gli argini a contatto interessino il tratto quasi per la sua interezza (ovvero $> 80\%$), <u>aggiungere 12</u> . | |

Ai fini dell'attribuzione in classi, si tiene conto della lunghezza degli argini e della loro distanza dall'alveo (ovvero dalle linee che lo delimitano).

Per quanto riguarda la **distanza**, si distinguono tre casi: (1) distanti; (2) vicini; (3) a contatto. Sono definiti: (a) "distanti" per distanze dalle sponde (ovvero le linee che delimitano l'alveo) superiori alla larghezza media dell'alveo (La); (b) "vicini" per distanze $\leq La$; (c) "a contatto" quando sono in diretto contatto con le sponde (in frodo) o comunque fino ad una distanza dello stesso ordine di grandezza delle sponde stesse.

2.5.2.4. Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8: Variazioni artificiali di tracciato

| SCALA SPAZIALE | |
|--|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Fonti storiche e/o immagini telerilevate | |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| A | Assenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato (tagli meandri, spostamenti alveo, ecc.). |
| B | Presenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato per una lunghezza $\leq 10\%$ della lunghezza del tratto. |
| C | Presenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato per una lunghezza $> 10\%$ della lunghezza del tratto. |

A9: Altre opere di consolidamento (soglie, rampe) e/o di alterazione del substrato (rivestimenti del fondo)

| SCALA SPAZIALE | |
|--|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| A | Assenza di altre opere di consolidamento (soglie, rampe in massi) e/o rivestimenti localizzati ($\leq 5\%$) tali da non alterare significativamente la continuità verticale e la struttura del fondo. |
| B | Presenza di soglie e/o rampe con densità relativamente bassa, ovvero ≤ 1 ogni n m in media nel tratto, dove $n = 200$ per confinati oppure semi- non confinati di ambito montano (es. conoidi pedemontani); ed $n = 1000$ per semi- non confinati di ambito collinare o di pianura e/o presenza ed effetti limitati dei rivestimenti: il fondo si presenta rivestito per $\leq 25\%$ del tratto con sistemi permeabili e/o per $\leq 15\%$ con tipologia impermeabile. |
| C1 | Presenza diffusa di soglie e/o rampe (> 1 ogni n in media nel tratto) e/o presenza ed effetti significativi dei rivestimenti: il fondo si presenta rivestito per $\leq 50\%$ del tratto con sistemi permeabili e/o per $\leq 33\%$ con tipologia impermeabile. |
| C2 | Presenza diffusa di rivestimenti: il fondo si presenta rivestito per $> 33\%$ del tratto con tipologia impermeabile o per $> 50\%$ del tratto con tipologia permeabile |
| <p>1) Nel caso l'insieme delle opere trasversali, incluse briglie e traverse (vedi indicatore A4), sia estremamente diffuso, ovvero > 1 ogni 100 m per alvei confinati, o semi- non confinati di ambito montano, oppure > 1 ogni 500 m nel caso di alvei di ambito di pianura o collinare, <u>aggiungere 12.</u></p> <p>2) Nel caso i rivestimenti del fondo (sia permeabili che impermeabili) interessino il tratto quasi per la sua interezza (ovvero $> 80\%$), <u>aggiungere 12.</u></p> | |

2.5.2.5. Interventi di manutenzione e prelievo**A10: Rimozione di sedimenti**

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Alveo |
| TIPO DI MISURA: Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| A | Evidenze/notizie certe di assenza di interventi di rimozione di sedimenti almeno negli ultimi 20 anni. |
| B | Evidenze/notizie certe di rimozioni localizzate negli ultimi 20 anni. |
| C | Evidenze/notizie certe di rimozioni diffuse negli ultimi 20 anni. |
| TIPOLOGIA | SEMI- NON CONFINATI |
| A | Tratto non soggetto a significativa attività di rimozione di sedimenti né in passato (dagli anni '50 circa) né in tempi recenti (ultimi 20 anni). |
| B | Tratto soggetto a moderata attività di rimozione di sedimenti in passato (dagli anni '50 circa) ma non in tempi recenti (ultimi 20 anni), oppure attività assente in passato ma presente di recente. |
| C | Tratto soggetto ad intensa attività di rimozione di sedimenti in passato (dagli anni '50 circa), oppure moderata in passato e presente in tempi recenti (ultimi 20 anni). |

A11: Rimozione del materiale legnoso

| SCALA SPAZIALE | |
|--|---|
| <i>LONGITUDINALE</i> : Tratto | <i>LATERALE</i> : Alveo e piana inondabile |
| TIPO DI MISURA : Raccolta informazioni presso Enti competenti | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE |
| A | Evidenze/notizie certe di assenza (o solo in situazioni localizzate) di interventi di rimozione di materiale legnoso di grandi dimensioni (> 10 cm diametro e > 1 m di lunghezza) almeno negli ultimi 20 anni. |
| B | Evidenze/notizie certe di interventi di rimozione parziale negli ultimi 20 anni, ovvero solo di alcuni elementi, spesso in seguito ad eventi di piena. Vengono qui inclusi i tratti oggetto di concessione di prelievo ai privati, anche senza interventi di pulizia eseguiti degli Enti pubblici. Parte del materiale legnoso potrebbe essere stato depezzato in elementi < 1 m e lasciato in alveo. |
| C | Evidenze/notizie certe di rimozione del materiale legnoso di grandi dimensioni negli ultimi 20 anni ad opera degli Enti pubblici. Il materiale legnoso potrebbe anche essere stato depezzato in elementi < 1 m e lasciato in alveo. |

A12: Taglio della vegetazione in fascia perfluviale

| SCALA SPAZIALE | |
|--|--|
| <i>LONGITUDINALE</i> : Sito/Tratto | <i>LATERALE</i> : alveo e fascia a ridosso delle sponde su pianura alluvionale (per SC/NC) e su pianura/versanti adiacenti (per C) |
| TIPO DI MISURA : Raccolta informazioni presso Enti competenti e verifica sul sito (ceppaie) | |
| TIPOLOGIA | TUTTI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE |
| A | Vegetazione non soggetta ad interventi di taglio di qualsiasi entità lungo le sponde oppure soggetta soltanto a tagli selettivi nella fascia esterna alle sponde (piana/terrazzi su NC/SC, versanti su C) negli ultimi 20 anni. |
| B | Vegetazione soggetta ad interventi di taglio selettivo lungo le sponde per qualsiasi lunghezza lungo il tratto, oppure di tagli a raso lungo le sponde per una lunghezza < 50% del tratto; oppure interventi di taglio a raso limitati alla fascia esterna alle sponde (negli ultimi 20 anni). |
| C | Vegetazione soggetta ad interventi di taglio raso lungo le sponde per una lunghezza > 50% del tratto negli ultimi 20 anni. |

2.5.3. Variazioni morfologiche

V1: Variazioni della configurazione morfologica

| SCALA SPAZIALE | |
|---|---|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate / Analisi GIS | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 m) |
| A | Non si è verificata una variazione della configurazione morfologica rispetto agli anni '50. |
| B | Variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. |

Nel caso di alvei semi- non confinati, l'attribuzione alle classi B o C dipende se si è verificato un passaggio da una morfologia ad una diversa ma contigua oppure se vi sia stata una trasformazione drastica ad una morfologia non contigua: a tal fine si faccia riferimento alla [Tabella 2.12](#).

| TIPOLOGIA | | SEMI-NON CONFINATI |
|-----------------------|--|--------------------|
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 m) | |
| A | Non si è verificata una variazione della configurazione morfologica rispetto agli anni '50. | |
| B | Variazioni di morfologia tra tipologie contigue rispetto agli anni '50 (Tabella 2.12). | |
| C | Variazioni tra tipologie non contigue rispetto agli anni '50 (Tabella 2.12). | |

Tabella 2.12 – Definizione delle morfologie contigue e non contigue nelle variazioni di configurazione morfologica. Morfologie: R = rettilineo, S = sinuoso, M = meandriforme, SBA = sinuoso a barre alternate, W = wandering, CI = canali intrecciati, A = anastomizzato; \Leftrightarrow = passaggio in entrambi i sensi. Classe: B = passaggio a morfologia contigua; C = passaggio a morfologia non contigua.

| MORFOLOGIE | CLASSE | MORFOLOGIE | CLASSE |
|-------------------------|--------|--------------------------|--------|
| R \Leftrightarrow S | B | M \Leftrightarrow SBA | B |
| R \Leftrightarrow M | C | M \Leftrightarrow W | C |
| R \Leftrightarrow SBA | B | M \Leftrightarrow CI | C |
| R \Leftrightarrow W | C | M \Leftrightarrow A | B |
| R \Leftrightarrow CI | C | SBA \Leftrightarrow W | B |
| R \Leftrightarrow A | C | SBA \Leftrightarrow CI | C |
| S \Leftrightarrow M | B | SBA \Leftrightarrow A | C |
| S \Leftrightarrow SBA | B | W \Leftrightarrow CI | B |
| S \Leftrightarrow W | C | W \Leftrightarrow A | C |
| S \Leftrightarrow CI | C | CI \Leftrightarrow A | C |
| S \Leftrightarrow A | B | | |

V2: Variazioni di larghezza

| SCALA SPAZIALE | |
|---|--|
| LONGITUDINALE: Tratto | LATERALE: Pianura alluvionale |
| TIPO DI MISURA: Immagini telerilevate / Analisi GIS | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 m) |
| A | Variazioni di larghezza nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto agli anni '50. |
| B | Variazioni di larghezza ($> 15\%$) rispetto agli anni '50. |

| | |
|------------------------------|--|
| TIPOLOGIA | Semi- non confinati |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | Si applica ad alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m) |
| A | Variazioni di larghezza nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto agli anni '50. |
| B | Variazioni di larghezza moderate ($15\div 35\%$) rispetto agli anni '50. |
| C | Variazioni di larghezza intense (> 35%) rispetto agli anni '50. |

V3: Variazioni altimetriche

| SCALA SPAZIALE | |
|--|---|
| <i>LONGITUDINALE</i> : Tratto | <i>LATERALE</i> : Alveo |
| TIPO DI MISURA : Dati pregressi e/o rilievo terreno | |
| TIPOLOGIA | CONFINATI |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 m) |
| A | Variazioni della quota del fondo trascurabili (≤ 0.5 m). |
| B | Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m). |
| C | Variazioni della quota del fondo intense (> 3 m). |
| TIPOLOGIA | Semi-non confinati |
| CAMPI DI APPLICAZIONE | Si applica ad alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m) |
| A | Variazioni della quota del fondo trascurabili (≤ 0.5 m): quota del fondo pressoché invariata per stabilità altimetrica o per sedimentazione e completo recupero di una precedente incisione (ad es., indotto dalla presenza di una briglia). |
| B | Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m). Alveo inciso: esistono dislivelli tra nuova piana inondabile (quando presente) e terrazzi recenti ma talora non molto evidenti. Alveo aggradato: la quota del fondo è più alta rispetto alla piana inondabile. |
| C1 | Variazioni della quota del fondo intense ($3\div 6$ m). Alveo fortemente inciso: i dislivelli tra nuova piana inondabile (quando presente) e terrazzi recenti sono molto marcati, con presenza di varie evidenze quali frequenti sponde alte ed instabili, destabilizzazione di strutture trasversali, esposizione di pile di ponti, ecc. Alveo fortemente aggradato: dislivelli molto marcati tra quota del fondo e piana inondabile. |
| C2 | Variazioni della quota del fondo molto intense (> 6 m). Alveo eccezionalmente inciso (ad es., a seguito di intensa attività di escavazione di sedimenti nel passato). In genere, oltre alle evidenze precedenti, sono disponibili dati o notizie certe di tali livelli di abbassamento. Alveo eccezionalmente aggradato. |

2.6 MONITORAGGIO MORFOLOGICO

2.6.1. Tipi di monitoraggio morfologico

Sulla base della valutazione dello stato morfologico attuale, possono essere individuati, all'interno di un bacino idrografico, alcuni **tratti rappresentativi** di varie situazioni (in funzione ad esempio degli ambiti fisiografici e della posizione nel bacino) sui quali realizzare un'attività di monitoraggio.

In generale si possono distinguere **due metodologie di monitoraggio**:

- (1) **Monitoraggio non strumentale**: consiste nella ripetizione periodica della procedura di valutazione dello stato morfologico attuale (applicazione delle schede di valutazione). Oltre ad un nuovo rilievo sul terreno e all'eventuale aggiornamento degli elementi artificiali, esso richiede possibilmente l'analisi di nuove immagini al fine di poter aggiornare la valutazione delle variazioni morfologiche. Tale monitoraggio permette di valutare se si sono verificate delle variazioni delle condizioni morfologiche, ossia dei segnali di miglioramento o peggioramento (rispettivamente attraverso un incremento o riduzione dell'Indice di Qualità Morfologica). Si tratta di una procedura relativamente rapida che tuttavia non consente un'analisi approfondita delle eventuali cause di alterazione e trend di aggiustamento morfologico.
- (2) **Monitoraggio strumentale**: richiede l'effettuazione di alcune misure periodiche sul terreno (oltre che da immagini telerilevate), in particolar modo per analizzare in maniera più sistematica le eventuali variazioni morfologiche (p.e., variazioni di sezione e di quota del fondo). Tale monitoraggio è più oneroso del precedente ma può consentire di analizzare in modo più approfondito le cause ed i trend di aggiustamento morfologico in atto.

Ai fini della **WFD**, come è noto, è necessario programmare **tre tipi di monitoraggio**:

- (1) **Monitoraggio di sorveglianza**
- (2) **Monitoraggio operativo**
- (3) **Monitoraggio investigativo**

Nella [Tabella 2.13](#) si riportano sinteticamente le metodologie di monitoraggio e le relative frequenze spaziali associabili ad ognuno dei tipi di monitoraggio previsti dalla WFD.

Tabella 2.13 – Tipi di monitoraggio ai fini della WFD e relative metodologie applicabili.

| TIPO DI MONITORAGGIO PER WFD | METODOLOGIA DI MONITORAGGIO MORFOLOGICO | FREQUENZA SPAZIALE |
|------------------------------|---|---|
| Sorveglianza | Non strumentale (ripetizione periodica procedura di valutazione) | Numero relativamente elevato di tratti nel bacino rappresentativi di contesti fisiografici e morfologie diverse |
| Operativo | Strumentale (misure sistematiche periodiche sul terreno e da GIS) | Numero più limitato di tratti a rischio |
| Investigativo | | Casi particolari |

L'impostazione del programma di **monitoraggio non strumentale** ricalca la struttura di valutazione dello stato attuale, al fine di valutare per gli anni a seguire se un corso d'acqua, in un determinato tratto, mantenga il suo stato idromorfologico o se è soggetto a delle variazioni. Il **monitoraggio strumentale** si differenzia invece sostanzialmente e viene descritto in dettaglio nel seguente paragrafo.

2.6.2. Monitoraggio strumentale

2.6.2.1. Impostazione generale del programma di monitoraggio

Nella [Tabella 2.14](#) si riporta una sintesi degli aspetti fondamentali da includere nel monitoraggio strumentale. Per quanto riguarda gli elementi artificiali, le informazioni necessarie relative alla realizzazione di nuove opere o nuove attività (ad esempio prelievo di sedimenti o taglio della vegetazione, ecc.) dovrebbero essere fornite dagli enti competenti che ne rilasciano l'autorizzazione. In assenza di tali informazioni, sarà invece necessario provvedere attraverso rilievi topografici sul terreno atti a ricavare le informazioni richieste. Per quanto riguarda il rilievo degli aspetti morfologici naturali, le metodologie di rilievo o misura sono più articolate e sono riepilogate in [Tabella 2.15](#).

Riguardo alla **scansione spaziale** dei siti da includere nel monitoraggio strumentale, si possono in generale distinguere due strategie di rilevamento: (1) rilievo in continuo lungo un intero tratto; (2) campionamento all'interno del tratto. Per gli aspetti morfologici, viene adottato un criterio misto. Per gli elementi naturali, vengono adottate le due strategie di rilievo differenziandole a seconda della metodologia adottata, e quindi a seconda dei parametri misurati (si veda la [Tabella 2.15](#) per i dettagli): (1) le misure da immagini telerilevate con strumenti GIS vengono effettuate in continuo alla scala del **tratto**; (2) le misure e osservazioni sul terreno vengono effettuate su un **sito** di campionamento scelto come rappresentativo del tratto (eccetto che per le caratteristiche vegetazionali della fascia perifluviale che vanno possibilmente estese alla scala del tratto); (3) le misure granulometriche vengono effettuate su un'**unità sedimentaria**, scelta come rappresentativa del sito. Per quanto riguarda gli elementi artificiali, per la maggior parte di essi si fa riferimento a quanto presente nell'intero tratto, mentre per quelli significativi ai fini della continuità longitudinale (briglie, dighe, traverse) occorre fare riferimento alle opere presenti anche nei tratti a monte.

Il **numero di siti** da includere nel monitoraggio strumentale dovrebbe essere scelto in modo che possa essere sufficientemente rappresentativo delle varie tipologie d'alveo riscontrate, ed allo stesso tempo dovrebbe tener conto della classificazione iniziale dello stato idromorfologico (almeno un sito per ogni classe di qualità idromorfologica riscontrata nel bacino).

Per quanto riguarda invece la **frequenza temporale**, per il monitoraggio operativo è richiesta una scansione temporale di almeno una volta ogni 6 anni, coincidente cioè con un ciclo dei piani di gestione. Per il monitoraggio investigativo la frequenza può invece aumentare ad una volta ogni 3 anni o anche meno a seconda dei casi e dei problemi specifici da investigare, almeno per quanto riguarda le misure sul terreno, mentre per le misure da telerilevamento esse dipendono dalla possibilità di ripetere i voli a scala adeguata da poter permettere la misura dei parametri di interesse. C'è da considerare a tal proposito che, con il progressivo sviluppo tecnologico, la disponibilità di immagini da satellite e dati LiDAR che possano essere impiegate per queste analisi (almeno per i fiumi di una certa dimensione) è destinata ad aumentare.

Tabella 2.14 – Aspetti morfologici ed elementi artificiali da monitorare.

| CATEGORIE | ASPETTI MORFOLOGICI | ELEMENTI ARTIFICIALI |
|--|---|---|
| 1. Continuità (longitudinale e laterale) | <ul style="list-style-type: none"> - Portate formative - Estensione laterale e continuità longitudinale di piana inondabile - Lunghezza sponde in arretramento e tassi di arretramento | <ul style="list-style-type: none"> - Nuove opere trasversali (dighe, briglie, traverse) che interrompono la continuità del trasporto al fondo o opere (scolmatori, casse) che modificano le portate di picco nel tratto a monte (ubicazione, dimensioni) - Nuovi argini (ubicazione, lunghezza e distanza dalle sponde) - Nuove difese di sponda (ubicazione e lunghezza) - Riduzioni di spazio nella fascia potenzialmente erodibile a seguito di variazioni di uso del suolo e/o realizzazione di nuovi insediamenti o infrastrutture |
| 2. Configurazione morfologica | <ul style="list-style-type: none"> - Indici di sinuosità, di intrecciamento e di anastomizzazione - Morfometria di barre ed isole - Configurazione morfologica complessiva - Pendenza del fondo | Nuove opere o interventi che possono aver modificato l'assetto planimetrico (pennelli, difese di sponda, tagli di meandro o altre variazioni di tracciato) (ubicazione, lunghezza tratto interessato) o altimetrico (briglie, dighe, traverse, rampe in massi) (ubicazione) |
| 3. Configurazione sezione | <ul style="list-style-type: none"> - Larghezza alveo - Profondità alveo - Rapporto larghezza/profondità - Variazione di quota del fondo | Nuove opere longitudinali e trasversali che possono modificare la larghezza e/o profondità (si vedano casi precedenti) o nuovi interventi (escavazioni) |
| 4. Struttura e substrato alveo | <ul style="list-style-type: none"> - Granulometria del letto - Corazzamento e <i>clogging</i> - Abbondanza materiale legnoso di grandi dimensioni | Nuove opere con effetti su struttura e substrato del fondo (soglie o altre modificazioni di substrato) o interventi (escavazioni e/o rimodellamento, rimozione legname) |
| 5. Vegetazione nella fascia perifluviale | Caratteristiche della vegetazione (ampiezza ed estensione lineare delle formazioni funzionali presenti nella fascia perifluviale) | Alterazione delle caratteristiche della vegetazione presente nella fascia perifluviale (riduzione dell'ampiezza e dell'estensione lineare delle formazioni riparie e delle formazioni funzionali) derivanti da estensione dei coltivi, taglio della vegetazione, alterazione del regime idrologico |

Tabella 2.15 – Metodologie e scansione spaziale per il monitoraggio strumentale degli aspetti morfologici. **G**: di grandi dimensioni (larghezza > 30 m).

| ELEMENTO MORFOLOGICO | METODO DI RILEVAMENTO / MISURA E RELATIVA SCALA SPAZIALE | TIPOLOGIA CORSO D'ACQUA |
|--|--|---|
| 1.1 Portate liquide | Misure idrometriche in corrispondenza di stazioni di misura esistenti (in continuo) | Tutti |
| 1.2 Estensione laterale e continuità piana inondabile | Telerilevamento (tratto) | Solo corsi d'acqua non confinati o semiconfinati |
| 1.3 Lunghezza sponde in arretramento e tassi di arretramento | Telerilevamento (tratto) | Solo corsi d'acqua non confinati o semiconfinati |
| 2.1 Indice di sinuosità | Telerilevamento o misura terreno (corsi d'acqua piccole dimensioni) (tratto) | Tutti esclusi a canali intrecciati |
| 2.2 Indice di intrecciamento | - Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (solo sito) | Tutti esclusi a canale singolo |
| 2.3 Indice di anastomizzazione | - Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (solo sito) | Tutti esclusi a canale singolo |
| 2.4 Morfometria di barre e isole | Telerilevamento (tratto) | Solo corsi d'acqua G |
| 2.5 Configurazione morfologica | - Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (sito e/o tratto) | - Solo corsi d'acqua G - Tutti |
| 2.6 Pendenza del fondo | Rilievo profilo fondo, possibilmente esteso dal sito al tratto | Tutti |
| 3.1 Larghezza alveo | - Telerilevamento (tratto) - Rilievo sezioni (sito) | - Solo corsi d'acqua G - Tutti |
| 3.2 Profondità alveo | Rilievo sezioni: 2 o 3 sezioni nel sito (preferibilmente estremità monte, centro, estremità valle) | Tutti |
| 3.3 Rapporto larghezza / profondità | Da valori misurati in base a rilievo sezioni (sito) | Tutti |
| 3.4 Variazione di quota del fondo | Rilievo profilo fondo esteso dal sito all'intero tratto | Tutti |
| 4.1 Dimensioni granulometriche sedimenti del fondo | - Misura granulometrica (metodo <i>pebble counts</i>) (unità sedimentaria) - Misura granulometrica (metodo volumetrico) (unità sedimentaria) | - Alvei ghiaioso-ciottolosi guadabili - Alvei sabbiosi e/o di elevata profondità |
| 4.2 Struttura del fondo: grado di corazzamento e <i>clogging</i> | - Valutazione qualitativa (sito) - Misure granulometriche (unità sedimentaria) solo nei casi di corazzamento molto accentuato | Solo alvei ghiaiosi e/o ciottolosi |
| 4.3 Abbondanza materiale legnoso di grandi dimensioni | - Conteggio sul terreno (sito) - Telerilevamento (sito) | - Alvei a canale singolo - Corsi d'acqua G transizionali-canali intrecciati |
| 5.1 Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale | Telerilevamento (tratto) | Tutti |
| 5.3 Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale | Telerilevamento (tratto) | Tutti |

2.6.2.2. Monitoraggio degli elementi morfologici naturali

2.6.2.2.1. CONTINUITÀ

Per **continuità longitudinale** si intende la capacità del corso d'acqua di garantire la continuità (da monte verso valle) di trasporto solido (senza che vi siano sbarramenti) anche attraverso il mantenimento della naturale successione di portate formative (in termini di frequenza ovvero senza modificare gli idrogrammi di piena). Il monitoraggio idrologico delle **portate liquide** può permettere di misurare gli impatti sul regime idrologico dovuti alla presenza di sbarramenti o altri fattori che possono determinarne delle variazioni (diversivi, casse di espansione). Per quanto riguarda le **portate solide**, il monitoraggio morfologico non prevede la misura di tale grandezza a causa delle difficoltà tecniche e dei costi elevati che richiederebbero per un numero significativo di siti.

Per **continuità laterale** va intesa la capacità del corso d'acqua di sviluppare, all'interno di una fascia di pertinenza fluviale, i processi di: (a) esondazione, garantendo la connessione idraulica dell'alveo con la pianura circostante e con le varie forme e corpi idrici in essa presenti (seppure con tempi di ritorno variabili) quali rami secondari, aree occupate da acque stagnanti o di falda, ecc., favorendo anche la continuità verticale (scambi tra acque superficiali e di falda); (b) mobilità laterale, attraverso i fenomeni di erosione e deposito di sedimenti che interessano le sponde o anche eventuali rami laterali.

Portate liquide

Dalla registrazione in continuo delle portate liquide in corrispondenza di stazioni di misura idrometriche selezionate come rappresentative di corsi d'acqua per i quali si realizza il monitoraggio idromorfologico, si ricavano le seguenti portate di interesse per gli aspetti morfologici:

portata media annua (q_{med}) (in m^3/s): ricavata sulla base delle portate giornaliere registrate nell'arco dell'anno;

portata al colmo massima annuale (Q_c) (in m^3/s): è necessaria per: (a) aggiornare le serie storiche e permettere il calcolo della portata biennale; (b) registrare l'occorrenza di eventi di piena di forte intensità (tempi di ritorno maggiori di 10 anni).

Estensione e continuità piana inondabile

Questa grandezza è associabile a due aspetti: (1) alla continuità idraulica laterale e (2) alla funzionalità morfologica.

I termini relativi alle superfici pianeggianti adiacenti al corso d'acqua non sono sempre definiti in letteratura in maniera univoca e possono talora generare qualche ambiguità, pertanto è opportuno fare alcune precisazioni relative alla terminologia qui adottata:

- **Pianura alluvionale**: indica la pianura costituita dai depositi alluvionali ("alluvioni") più recenti (così come riportati su Carta Geologica);
- **Terrazzo antico**: indica una superficie già terrazzata (riportata come terrazzo anche sulla Carta Geologica) prima delle fasi recenti di incisione (ultimi 100÷150 anni), con dislivelli significativi rispetto alla pianura alluvionale e non più soggetta ad inondazione (se non, talora, in casi eccezionali);
- **Piana inondabile**: se non diversamente specificato, si intende la piana inondabile in s.s. o attiva o piana inondabile per $TR = 1÷3$ anni, cioè solo quella superficie formatasi recentemente (post-incisione degli ultimi 100÷150 anni), nelle attuali condizioni di regime, ad una quota più bassa rispetto a quella pre-incisione.

- **Terrazzo recente:** indica la piana inondabile pre-incisione, ora inattiva (non più formata a quella quota nelle attuali condizioni di regime), seppure ancora soggetta ad inondazioni per $TR > 3$ anni.
- **Piana inondabile con $TR = n$ anni:** indica una superficie per la quale si voglia esplicitamente specificare la frequenza di inondazione, senza riferimento al fatto che sia attiva o meno dal punto di vista morfologico (vale a dire quando $n > 3$ coincide normalmente con un terrazzo recente).

Inoltre si definiscono due grandezze che servono a caratterizzare l'estensione areale di tali superfici:

- **Estensione laterale di piana inondabile (EL):** rappresenta la larghezza media (in m) nel tratto di studio della piana inondabile (incluse eventuali superfici frequentemente inondabili facenti parte dell'alveo pre-incisione).
- **Continuità longitudinale di piana inondabile (CI):** è la lunghezza di alveo (in percentuale) nel tratto interessata dalla presenza di piana inondabile (incluse eventuali superfici frequentemente inondabili facenti parte dell'alveo pre-incisione).

La determinazione dell'estensione laterale e della continuità longitudinale viene effettuata, per alvei non confinati o semiconfinati, attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate, integrate da controlli sul terreno.

Sponde in arretramento

La presenza ed estensione di sponde in arretramento per erosione rappresentano grandezze che esprimono l'intensità della dinamica laterale del corso d'acqua. Variazioni di tale parametro sono, entro certi limiti (dipendenti anche dalla tipologia di corso d'acqua), da considerarsi normali nella dinamica morfologica naturale di alvei in equilibrio dinamico.

Variazioni eccessive possono invece essere sintomo di instabilità del tratto o dell'intero sistema fluviale, così come variazioni eccessivamente ridotte in alcune morfologie possono indicare una scarsa dinamica legata a qualche alterazione.

È possibile definire due grandezze che descrivono l'entità dei processi di erosione laterale:

- **Lunghezza di sponde in arretramento (Isa):** è la lunghezza di sponde nel tratto (in percentuale) in arretramento per erosione.
- **Tasso di arretramento delle sponde (Tas):** è il tasso medio annuo nel tratto di arretramento delle sponde (in m/a) e rappresenta un indice di mobilità dell'alveo.

La determinazione della lunghezza di sponde in arretramento viene effettuata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate previa georeferenziazione. È possibile effettuare la misura del tasso di arretramento delle sponde avendo a disposizione almeno due voli aerei. È quindi possibile determinare tale parametro solo a partire dal secondo monitoraggio a meno che sia disponibile un volo aereo eseguito negli ultimi 10 anni precedentemente al primo monitoraggio.

2.6.2.2.2. CONFIGURAZIONE MORFOLOGICA

Indice di sinuosità (Is)

È definito come il rapporto tra lunghezza misurata lungo il corso d'acqua e lunghezza misurata lungo la valle (adimensionale).

Indice di intrecciamento (Ii)

È definito come il numero di canali attivi. Rispetto alla fase di inquadramento e suddivisione iniziale, l'interdistanza per la misura dell'indice deve essere ridotta, utilizzando la stessa impiegata per la misura della larghezza.

Indice di anastomizzazione (Ia)

Si definisce come il numero di canali separati da isole fluviali. Rispetto alla fase di inquadramento e suddivisione iniziale, l'interdistanza per la misura dell'indice deve essere ridotta, utilizzando la stessa impiegata per la misura della larghezza.

Morfometria di barre e isole

Le variazioni di alcune superfici fluviali possono essere precursori di una variazione della tipologia complessiva dell'alveo e possono essere associate ad alterazioni nei regimi delle portate liquide e/o solide. Le superfici considerate sono le barre e le isole fluviali. Per le barre si ritiene più opportuno misurare la lunghezza, essendo le aree di meno agevole determinazione e maggiormente condizionate dai livelli idrometrici rispetto alle lunghezze, mentre per le isole è preferibile misurare le aree, essendo superfici più stabili e meno influenzate dai livelli idrometrici. Si distinguono pertanto i seguenti parametri:

- **Lunghezza delle barre laterali (Ibl)**: è la lunghezza di alveo nel tratto (in percentuale) interessata dalla presenza di barre laterali (comprese le barre di meandro).
- **Lunghezza delle barre longitudinali (Iblo)**: è la lunghezza di alveo nel tratto (in percentuale) interessata dalla presenza di barre longitudinali.
- **Area delle isole (Ai)** (in m²).

La morfometria delle barre e delle isole viene misurata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi GIS di immagini telerilevate.

Configurazione morfologica

Per variazione della configurazione morfologica è inteso il passaggio da una tipologia morfologica ad un'altra.

Nel caso di alvei non confinati o semiconfinati e di alvei confinati transizionali o a canali multipli, il passaggio ad una tipologia diversa è determinato da variazioni di uno o più degli indici di sinuosità, intrecciamento ed anastomizzazione, per la cui misura si rimanda ai punti precedenti.

Nel caso di alvei confinati a canale singolo, l'accertamento si basa sull'osservazione sul terreno di una variazione della configurazione del fondo.

Pendenza del fondo

Si definisce **pendenza del fondo (S)** il rapporto tra il dislivello di quota del fondo e la distanza misurata lungo l'alveo (adimensionale).

La misura della pendenza va effettuata attraverso il rilievo del profilo del fondo (vedi "[Variazione di quota del fondo](#)") per maggiori dettagli.

È opportuno estendere il profilo del fondo in modo da interessare il più possibile l'intera lunghezza del tratto e comunque affinché la stima della pendenza media del fondo sia significativa è necessario che il profilo venga eseguito per una distanza di almeno 10÷20 volte la larghezza dell'alveo, differenziata come segue a seconda del tipo di corso d'acqua:

- a) per alvei a canale singolo si utilizza una distanza di circa 20 volte la larghezza;
- b) per alvei di grandi dimensioni (p.e., a canali intrecciati) tale distanza può ridursi fino ad un minimo di 10 volte la larghezza.

2.6.2.2.3. CONFIGURAZIONE DELLA SEZIONE

Larghezza alveo

L'alveo (identificabile anche con il termine alveo pieno o *bankfull channel*) comprende quella porzione di letto fluviale soggetta a modificazioni morfologiche determinate dalla mobilitazione ed il trasporto al fondo di sedimenti, ed è identificabile con il canale o canali attivi e le barre. I limiti dell'alveo sono definiti dalla presenza di piana inondabile attiva o, in sua assenza, del terrazzo più basso che è a contatto con l'alveo. Per gli alvei confinati, la delimitazione dell'alveo è più problematica, essendo quasi sempre assente la piana inondabile. La **larghezza dell'alveo (L)** (in m) è quindi definibile una volta delimitato l'alveo. La determinazione della larghezza viene effettuata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi GIS di immagini telerilevate. La misura viene effettuata per ogni punto dell'asse dell'alveo corrispondente al passo definito, perpendicolarmente allo stesso. È consigliata un'interdistanza dell'ordine di $0.25L \div 1L$ che può anche essere aumentata, ad esempio, in casi di alvei non molto larghi e con larghezze relativamente omogenee. Al termine delle misure si ricava un valore medio.

La misura della larghezza dell'alveo non comprende le eventuali isole fluviali presenti. Tuttavia, in tali casi, è utile misurare anche la **larghezza totale dell'alveo o larghezza dell'alveo con isole (L_t)** (in m).

Per alvei di dimensioni da piccole a medie (inferiori a 30 m), la misura della larghezza viene effettuata esclusivamente sul terreno secondo la stessa procedura prima descritta.

Profondità alveo

Si tratta della **profondità (P)** (in m) della sezione riferita alle condizioni idrometriche associate alla portata di alveo pieno (*bankfull discharge*) (non si riferisce quindi alla profondità della corrente durante le operazioni di rilievo sul terreno). Per la misura della profondità è necessaria la definizione del livello ad alveo pieno (*bankfull stage*): esso si identifica con il livello della pianura inondabile attiva oppure, in sua assenza, con il livello del terrazzo più basso che delimita l'alveo.

Le variazioni temporali di profondità della sezione di alveo pieno sono attribuibili a processi di incisione o sedimentazione e possono comportare variazioni delle condizioni idrauliche e della capacità di trasporto.

La misura della profondità avviene esclusivamente sul terreno, attraverso il rilievo topografico di sezioni trasversali e l'identificazione su di esse del livello ad alveo pieno. È opportuno identificare nel sito di monitoraggio 3 sezioni rappresentative, poste a distanza compresa tra 0.5 e 2 volte la larghezza dell'alveo e disposte all'incirca ortogonalmente rispetto all'asse dell'alveo (il valore finale della profondità verrà ricavato dalla media sulle 3 sezioni).

Si possono distinguere:

- **profondità massima (P_{max})** (in m): è data dalla differenza tra livello ad alveo pieno e quota minima del fondo;
- **profondità media (P_{med})** (in m): si può determinare nei seguenti modi: (1) differenza tra la quota del livello di *bankfull* e la quota media del fondo; (2) rapporto tra area della sezione e larghezza (corrisponde cioè all'altezza del rettangolo avente la stessa area e larghezza della sezione, ed è una sufficiente approssimazione della profondità media nel caso di sezioni con larghezza molto maggiore della profondità).

Rapporto larghezza / profondità

Il **rapporto larghezza / profondità (L/P)** è un parametro utile per caratterizzare la forma della sezione e si definisce come rapporto tra larghezza dell'alveo e profondità media (adimensionale). Bassi valori di tale rapporto indicano sezioni relativamente strette e profonde, tipiche di alvei a

canale singolo, mentre alti rapporti indicano sezioni relativamente larghe e poco profonde, tipiche di alvei a canali intrecciati.

Il rapporto larghezza / profondità deriva direttamente dal rapporto delle misure della larghezza e della profondità media, ricavate dai rilievi sul terreno delle sezioni.

Variazione di quota del fondo

La variazione di quota del fondo rappresenta la grandezza più direttamente associata alla stabilità altimetrica del corso d'acqua oppure ai fenomeni di incisione o sedimentazione. La quota del fondo può essere determinata alla scala delle singole sezioni oppure alla scala di profilo longitudinale. Il primo caso si riconduce alla misura della profondità, mentre in questo punto vengono trattate le variazioni alla scala del profilo longitudinale. Ai fini del monitoraggio di tali processi è infatti opportuno considerare i processi di incisione o sedimentazione quanto più possibile alla scala del tratto, in quanto la scala del sito può risentire di situazioni localizzate. La **variazione di quota del fondo** (ΔQ_f) (in m) è intesa come la variazione media nel tratto di misura. Dividendola per l'intervallo temporale relativo al confronto, si esprime inoltre il **tasso di variazione di quota del fondo** (Δq_f) (in m/a) (tale parametro è utile per confronti relativi ad intervalli temporali differenti).

È necessario effettuare un rilievo topografico quanto più possibile esteso alla scala del tratto. Attraverso il rilievo topografico, si misura la quota del fondo in corrispondenza della linea di *thalweg*, ossia la linea di massima profondità (o equivalentemente di minima quota del fondo). Quando possibile, è preferibile la determinazione del profilo del fondo medio attraverso il rilievo di un certo numero di sezioni trasversali estese all'intero tratto o gran parte di esso (in tal caso per la profondità del fondo medio delle singole sezioni si rimanda al punto). Il profilo di fondo medio è infatti ritenuto più significativo per la determinazione delle tendenze evolutive altimetriche rispetto al profilo del massimo fondo.

2.6.2.2.4. STRUTTURA E SUBSTRATO DELL'ALVEO

Dimensioni granulometriche del fondo

Viene analizzata la curva granulometrica dei sedimenti del fondo e le sue variazioni nel tempo, con particolare riferimento al **diametro mediano** (D_{50}) della distribuzione (in mm).

La misura delle granulometrie del fondo richiede metodologie differenziate a seconda delle dimensioni dei sedimenti e delle caratteristiche del corso d'acqua.

Alvei in ghiaia – ciottoli guadabili: si esegue un campionamento areale superficiale con metodo numerale (o statistico) (*pebble counts grid-by-number*), eseguito sia su superfici emerse (barre) che, dove possibile, sulle porzioni sommerse (canali).

Alvei in sabbia e/o di elevata profondità: è necessario utilizzare altre tecniche di campionamento per il prelievo di un campione volumetrico (quindi non più superficiale). Queste possono comprendere: (a) impiego di un sommozzatore; (b) impiego di strumenti meccanici tipo benna o *box corer* o altri dispositivi da natante.

Il criterio più rigoroso per determinare il peso del campione da analizzare è quello basato su un diagramma che lega il diametro massimo delle particelle presenti al minimo peso del materiale da prelevare. Il campione viene successivamente sottoposto ad analisi granulometrica in laboratorio tramite setacciatura.

Per gli scopi del monitoraggio, il parametro considerato come più significativo è il diametro mediano D_{50} (in mm), vale a dire il diametro per il quale il 50% del campione in peso è più fine. È utile tuttavia analizzare anche i percentili D_{16} e D_{84} (in mm) e l'eterogeneità granulometrica indicata dalla deviazione standard S_d (in mm).

Strutture del fondo: corazzamento e clogging

Le variazioni di tessitura superficiale dei sedimenti in relazione a fenomeni di corazzamento e *clogging* possono avere significativi effetti su vari aspetti ecologici.

Il corazzamento consiste nella presenza di uno strato superficiale di dimensioni significativamente maggiori rispetto a quelle del sottostrato.

Il *clogging* (indicato anche come *embeddedness*) consiste invece nell'occlusione degli interstizi dei sedimenti grossolani del fondo da parte di materiale fine (sabbia, limo, argilla).

Il **grado di corazzamento** (*Gcor*) è quantificato attraverso il rapporto tra D_{50} dello strato superficiale e D_{50} del sottostrato (detto anche *armour ratio* o rapporto di corazzamento, adimensionale). Maggiore è tale rapporto, più marcato è il corazzamento. Si distingue tra: (a) debole (o mobile), quando c'è una certa differenziazione, ma presumibilmente lo strato superficiale è mobilizzato per eventi di piena annuali o prossimi alle condizioni di *bankfull*; (b) accentuato (o statico), quando c'è una netta differenza tra dimensioni dello strato superficiale e del sottostrato e presumibilmente lo strato superficiale viene mobilizzato solo per eventi di piena di una certa intensità (superiori al *bankfull*). La condizione di corazzamento accentuato (o statico) viene in genere associata ad un grado di corazzamento almeno superiore a 3.

Le procedure di campionamento per l'analisi del corazzamento sono lunghe e dispendiose e spesso non sufficienti in un singolo punto, in quanto le variazioni nel tempo del grado di corazzamento misurato in un singolo campione potrebbero risentire di situazioni locali. Pertanto si suggerisce di effettuare tali analisi solo nei casi in cui, da osservazioni visive, il **corazzamento** appare **molto accentuato** e piuttosto generalizzato sulle superfici sedimentarie sulle quali sono condotte le osservazioni. In tali casi, è opportuno procedere ad un campionamento volumetrico del sottostrato in un punto scelto come rappresentativo. Per lo strato superficiale, si procede prelevando tutti i clasti del livello superficiale rimosso ed effettuandone un'analisi granulometrica in laboratorio.

Per quanto riguarda il *clogging* (o *embeddedness*) (*Clo*), la valutazione si basa su una stima della percentuale di superficie di alveo con interstizi riempiti da materiale fine. Tale stima viene fatta sul terreno, alla scala del sito di rilevamento, percorrendo il corso d'acqua e stimando la percentuale del sito interessata da evidente occlusione degli interstizi, escludendo le unità di pozza (*pools*). Si distinguono le seguenti classi:

- 1) *clogging* poco significativo (< 33%);
- 2) *clogging* intermedio (33-66%);
- 3) *clogging* diffuso (> 66%).

A tale valutazione si può abbinare la misura granulometrica dei sedimenti dello strato superficiale che è in grado di evidenziare un eventuale incremento nel tempo delle frazioni fini della distribuzione granulometrica.

Abbondanza di materiale legnoso di grandi dimensioni

Il materiale legnoso di grandi dimensioni (denominato anche come LW: *Large Wood*) comprende gli elementi (tronchi, rami e ceppaie) con diametro > 10 cm e lunghezza > 1 m.

Ai fini del monitoraggio idromorfologico, il parametro più significativo è la **densità di LW** (D_{LW}) ($n \text{ km}^{-2}$), le cui variazioni nel tempo possono indicare possibili alterazioni nel corso d'acqua.

Le misure vengono effettuate preferibilmente sul terreno, percorrendo il sito di rilievo e conteggiando i tronchi presenti con diametro > 10 cm e lunghezza > 1 m. In particolare, è necessario effettuare i seguenti tipi di conteggi:

- **Numero singoli LW**: si contano i singoli tronchi con dimensioni al di sopra di quelle minime;

- **Numero accumuli LW:** si contano gli accumuli (agglomerati di più elementi legnosi) che presentano almeno un tronco con dimensioni al di sopra di quelle minime.
- **Numero totale LW:** quando possibile si stima il numero di tronchi all'interno degli accumuli e si somma al numero dei singoli tronchi.

Le misure possono essere limitate ai LW presenti all'interno dell'alveo. Successivamente è necessario stimare l'area dell'alveo indagata (tale misura viene effettuata normalmente in GIS o, nel caso di corsi d'acqua di piccole dimensioni, viene ricavata una stima in base al prodotto tra larghezza media dell'alveo e lunghezza del sito).

Attraverso la stima dell'area del sito si ricavano i seguenti parametri:

- **Densità singoli LW (D_{SLW})** ($n \text{ km}^{-2}$): numero di singoli tronchi con dimensioni al di sopra di quelle minime diviso l'area del sito di indagine;
- **Densità accumuli LW (D_{ALW})** ($n \text{ km}^{-2}$): numero di accumuli (agglomerati di più elementi legnosi) che presentano almeno un tronco con dimensioni al di sopra di quelle minime diviso l'area del sito di indagine.
- **Densità totale LW (D_{LWTOT})** ($n \text{ km}^{-2}$): numero totale di tronchi (quando disponibile) diviso l'area del sito di indagine.

2.6.2.2.5. VEGETAZIONE NELLA FASCIA PERIFLUVIALE

Questa categoria comprende le caratteristiche di ampiezza ed estensione lineare della vegetazione nella fascia perifluviale, coerentemente a quanto previsto nel monitoraggio non strumentale (schede di valutazione dello stato attuale).

Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

Attraverso l'**Ampiezza delle formazioni (A_f)** si valuta l'ampiezza complessiva media (in m) nel tratto della fascia di vegetazione arborea ed arbustiva, ovvero delle formazioni funzionali, includendo anche formazioni di idrofite quali canneto.

Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde

Attraverso l'**Estensione lineare delle formazioni (E_f)** si valuta la lunghezza (in percentuale rispetto alla lunghezza complessiva delle due sponde) della fascia di vegetazione funzionale (arborea, arbustiva ed a idrofite) lungo le due sponde all'interno del tratto.

2.6.2.3. Monitoraggio degli elementi artificiali

Per quanto riguarda gli elementi artificiali, le informazioni (potenzialmente organizzate come catasto delle opere in formato digitale georeferenziato) dovrebbero essere fornite dagli enti competenti che ne rilasciano l'autorizzazione. In assenza di tali informazioni, sarà invece necessario individuare e caratterizzare le nuove opere sul terreno o, quando possibile, da immagini. La scala temporale dei rilievi è quindi variabile. In assenza di informazioni fornite dagli enti competenti, il rilievo delle nuove opere deve essere effettuato in occasione degli altri rilievi sul terreno e/o in occasione dei rilievi da telerilevamento. Per quanto riguarda la scala spaziale, essa corrisponde sempre a quella dell'intero tratto di monitoraggio. L'ubicazione e l'estensione lineare e/o areale di tutte le nuove opere ed interventi, e tutte le altre informazioni, devono essere poi riportate in ambiente GIS opportunamente georeferenziate e codificate.

Gli elementi artificiali sono definiti in funzione dei cinque aspetti trattati per gli elementi naturali, secondo l'elenco riportato in [Tabella 2.16](#).

Tabella 2.16 – Elementi artificiali da monitorare divisi per categorie.

| CATEGORIE | ELEMENTI ARTIFICIALI |
|--|---|
| Continuità | <ul style="list-style-type: none"> - Dighe - Altre opere di alterazione delle portate liquide e/o solide (derivazioni, scolmatori, casse) - Opere trasversali di trattenuta o derivazione - Opere trasversali di consolidamento - Opere di attraversamento - Difese di sponda - Arginature - Variazioni di tracciato o modifica di forme fluviali nella pianura - Variazioni areali della fascia erodibile |
| Morfologia | <ul style="list-style-type: none"> - Difese di sponda - Variazioni di tracciato e modifica di forme fluviali nella piana alluvionale - Dighe - Opere trasversali di trattenuta o derivazione - Opere trasversali di consolidamento - Rivestimenti del fondo - Rimozione di sedimenti - Rimozione di materiale legnoso in alveo |
| Vegetazione nella fascia perifluviale | <ul style="list-style-type: none"> - Taglio di vegetazione nella fascia perifluviale |

Di seguito si descrivono le informazioni necessarie per ogni tipo di elemento artificiale, secondo l'ordine progressivo riportato nella tabella stessa.

2.6.2.3.1. DIGHE

Si tratta delle opere di maggiore impatto sulla continuità delle portate liquide e solide. È necessario conoscerne:

- (1) ubicazione;
- (2) altezza;
- (3) tipologia (a gravità, ad arco, a contrafforti, in terra, ecc.);
- (4) anno di entrata in funzione;
- (5) presenza o meno di eventuali misure di passaggio dei sedimenti trasportati al fondo (sghiaiatori, ecc.);
- (6) presenza o meno di eventuali misure di passaggio per pesci;
- (7) entità delle laminazioni previste sulle portate di picco, con particolare riferimento alle $Q_{1.5}$ e Q_{10} ;
- (8) entità delle variazioni indotte complessive sul regime idrologico annuale, dove esistano studi in merito.

Per quanto riguarda le dighe e le altre opere che possono influire sulla continuità longitudinale, è necessario estenderne il rilievo anche al tratto a monte dello stesso corso d'acqua, nonché degli affluenti inclusi nella fase di valutazione e compresi nel sottobacino sotteso dal tratto di monitoraggio.

2.6.2.3.2. ALTRE OPERE DI ALTERAZIONE DELLE PORTATE LIQUIDE E/O SOLIDE (DIVERSIVI O SCOLMATORI, DERIVAZIONI, CASSE DI ESPANSIONE)

Sono opere che hanno effetti notevoli sulla continuità delle portate liquide e, in parte o indirettamente, anche su quelle solide. Rientrano in questa categoria sia i canali di diversione in

uscita che in ingresso (canali che cioè convogliano portate liquide da altri corsi d'acqua), e sia diversivi (diversione in tutte le condizioni di portata) che scolmatori (diversione solo in occasione di eventi di piena).

È necessario conoscere per ciascuna opera:

- (1) ubicazione;
- (2) anno di inizio del funzionamento;
- (3) presenza o meno di eventuali misure di manutenzione che prevedano interventi di rimozione o spostamento di sedimenti;
- (4) entità delle variazioni previste sulle portate di picco, con particolare riferimento alle $Q_{1.5}$ e Q_{10} .

Sono incluse in questo gruppo inoltre le casse di espansione. Le casse in derivazione laterale sono opere che, seppure non interrompendo la continuità dei flussi e non sottraendo volumi liquidi e solidi, vanno ad incidere sulla forma dell'idrogramma di piena inducendo effetti significativi sulle portate di picco (motivo per cui sono progettate) ed in alcuni casi sul trasporto solido. Le casse in linea hanno inoltre effetti più significativi come intercettazione del trasporto solido al fondo.

È necessario conoscere per queste opere:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia (in derivazione laterale, in linea);
- (3) anno di inizio del funzionamento;
- (4) volumetria complessiva di invaso;
- (5) presenza o meno di eventuali misure di manutenzione che prevedano interventi di rimozione o spostamento di sedimenti;
- (6) entità delle variazioni previste sulle portate di picco, con particolare riferimento alle Q_2 e Q_{10} .

Le casse di espansione in derivazione laterale, essendo collocate nelle adiacenze dell'alveo, hanno inoltre l'effetto di sottrarre uno spazio di fascia potenzialmente erodibile.

2.6.2.3.3. OPERE TRASVERSALI DI TRATTENUTA O DERIVAZIONE

Gli effetti delle briglie e delle traverse sono in genere transitori, essendo concentrati nel periodo compreso tra la loro realizzazione ed il riempimento da parte di sedimenti. Tuttavia, la loro presenza può arrecare un'alterazione permanente delle condizioni di trasporto solido a causa delle variazioni indotte sul profilo longitudinale (riduzione della pendenza a monte dell'opera). Inoltre, in alcuni casi gli interventi di manutenzione prevedono una rimozione periodica dei sedimenti accumulati a monte dell'opera.

Sono incluse le traverse di derivazione, comuni soprattutto nei corsi d'acqua di pianura, realizzate con scopi di derivazione ma che per loro dimensioni, struttura ed effetti sul trasporto al fondo sono assimilabili a briglie di trattenuta. Andrebbero inoltre incluse in questa categoria anche le casse di espansione in linea, le quali esercitano spesso un'azione di trattenuta parziale del sedimento similmente alle opere filtranti, tuttavia esse sono già trattate nella categoria precedente.

È necessario conoscere per ciascuna opera

- (1) ubicazione;
- (2) altezza;
- (3) tipologia, ovvero traversa per derivazione, briglie di trattenuta a corpo pieno, briglie di trattenuta filtranti (a fessura, a finestra, a pettine, a graticcio), briglie frangicolate;
- (4) materiale costruttivo (massi, muratura, calcestruzzo, cemento armato, legname);
- (5) anno di realizzazione;
- (6) eventuali misure di manutenzione che prevedano interventi di rimozione o spostamento di sedimenti;
- (7) volumetria della vasca di deposito eventualmente posta a monte dell'opera

(8) presenza o meno di eventuali misure di passaggio per pesci.

2.6.2.3.4. OPERE TRASVERSALI DI CONSOLIDAMENTO

A differenza delle opere di trattenuta, le opere trasversali di consolidamento sono eseguite non per intercettare il trasporto solido bensì per ridurne l'intensità e mitigare la capacità erosiva della corrente attraverso una diminuzione della pendenza dell'alveo. In tal caso più opere (briglie, soglie, rampe) vengono poste a gradinata. Inoltre, per opere di consolidamento si intendono anche singole soglie, ovvero le opere trasversali di consolidamento di altezza contenuta ($< 1\div 2$ m), comprese le rampe in massi.

È necessario conoscere per ciascuna opera:

- (1) ubicazione;
- (2) altezza;
- (3) tipologia, ovvero briglia, soglia, rampa in massi;
- (4) materiale costruttivo (massi, muratura, calcestruzzo, cemento armato, legname, mista);
- (5) anno di realizzazione;
- (6) eventuali misure di manutenzione che prevedano interventi di rimozione o spostamento di sedimenti;
- (7) presenza o meno di eventuali misure di passaggio per pesci.

2.6.2.3.5. OPERE DI ATTRAVERSAMENTO

Comprendono i ponti, i guadi e le tombature. Per quanto riguarda i guadi, vengono qui considerati solo quelli con strutture di attraversamento (non si considerano cioè strade sterrate che attraversano il corso d'acqua).

È necessario conoscere per ciascuna opera:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia (ponte, guado, tombino);
- (3) materiale costruttivo (massi, muratura, calcestruzzo, cemento armato, legname, mista);
- (4) numero di pile (nel caso di ponte);
- (5) anno di realizzazione.

Nel caso in cui al ponte sia abbinata un'opera di consolidamento al fondo, quest'ultima va trattata separatamente nella categoria precedente.

2.6.2.3.6. DIFESE DI SPONDA

Comprendono sia le opere di tipo longitudinale che i pennelli.

È necessario conoscerne:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia (muri in calcestruzzo o pietrame, scogliera in massi, gabbioni, pennelli, Ingegneria Naturalistica, ecc., specificando l'eventuale presenza di rinverdimento);
- (3) dimensioni (lunghezza lineare, altezza);
- (4) anno di realizzazione.

Nel caso dei pennelli, è utile aggiungere le seguenti informazioni:

- (5) disposizione planimetrica (normali alla corrente, verso monte/valle);
- (6) tipologia forma (asta semplice, a hockey, a baionetta).

2.6.2.3.7. ARGINATURE

È necessario determinare:

- (1) ubicazione (inclusa distanza dall'alveo);
- (2) tipologia (rilevati in terra, mura arginali, ecc.);
- (3) dimensioni (lunghezza e altezza);
- (4) anno di realizzazione.

Sono da includere in questa categoria anche le eventuali modifiche di altezza (sovralzi) di argini già esistenti.

2.6.2.3.8. VARIAZIONI DI TRACCIATO O MODIFICA DI FORME FLUVIALI NELLA PIANURA

Per quanto riguarda le variazioni di tracciato, esse comprendono i tagli di meandro o altre modifiche artificiali dell'andamento planimetrico del corso d'acqua.

È necessario conoscerne:

- (1) ubicazione;
- (2) descrizione del tipo di variazione;
- (3) variazioni di lunghezza del corso d'acqua (lunghezza del tratto precedente e successivo all'intervento);
- (4) anno di realizzazione.

Va inoltre rilevata la presenza di forme fluviali relitte, precedentemente (o anche attualmente) connesse dal punto di vista idraulico e/o geomorfologico all'alveo (con particolare riferimento a laghi in corrispondenza di rami abbandonati, o anche canali secondari inattivi non occupati da acqua, aree stagnanti, ecc.) e che potenzialmente potrebbero essere riconnesse.

È necessario conoscere l'eventuale realizzazione di interventi atti ad eliminare, ridurre o modificare morfologicamente tali forme compromettendone la connettività, attuale o potenziale, con il corso d'acqua. Pertanto è richiesta la conoscenza di:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia di intervento;
- (3) riduzione areale della forma fluviale;
- (4) anno di intervento.

2.6.2.3.9. VARIAZIONI AREALI DELLA FASCIA ERODIBILE

Vengono considerati gli elementi antropici realizzati all'interno della fascia di mobilità funzionale o fascia erodibile, definibile come lo spazio disponibile per le migrazioni laterali dell'alveo che il corso d'acqua può potenzialmente rioccupare, riconosciuto sulla base della dinamica passata e futura (potenziale).

Qualora non precedentemente determinata sulla base di analisi GIS delle variazioni di tracciato passate, tale fascia può essere preliminarmente identificata almeno con:

- (1) la larghezza dell'alveo del 1954 – '55 (rilevabile in base al volo IGM GAI) nel caso (come spesso accade) in cui l'alveo attuale è contenuto all'interno di quello del 1954 – '55;

oppure

- (2) l'involuppo esterno tra limiti dell'alveo del 1954 – '55 e limiti dell'alveo attuale, nel caso in cui quest'ultimo abbia subito degli spostamenti laterali e non è contenuto nell'alveo del 1954 – '55.

Per tale aspetto è necessario conoscere l'ubicazione e l'estensione areale dei nuovi elementi insediativi, infrastrutturali (nuove vie di comunicazione) o altre opere idrauliche (es. casse in derivazione laterale), le quali necessitano di essere riportate e/o delimitate in ambiente GIS. Sono da

includere in questa categoria anche le aree e gli impianti di coltivazione di inerti (cave) nella fascia erodibile. Sulla base di questi elementi, viene calcolata la variazione (in %) dell'area della fascia erodibile. Si noti che, in particolare nel caso di elementi lineari (p.e., vie di comunicazione), per il calcolo della variazione di area va considerata non solo la superficie del nuovo elemento artificiale, ma tutta la superficie retrostante (lato opposto a quello verso il fiume) che eventualmente perde possibilità di connessione morfologica con il corso d'acqua (ad esempio perché tagliata da una via di comunicazione).

2.6.2.3.10. RIVESTIMENTI DEL FONDO

Comprendono tutti quegli interventi che inducono una modificazione del substrato e della struttura del fondo, determinando effetti significativi, oltre che sui processi naturali di trasporto solido al fondo, anche sulla continuità verticale (scambi tra acque superficiali e zona iporreica). Sono inclusi in questa categoria i cunettoni (in massi legati o in cemento armato), i rivestimenti d'alveo con materiale sciolto di pezzatura grossolana.

È necessario determinare:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia (cunettone, rivestimento con massi, ecc.);
- (3) lunghezza del tratto interessato;
- (4) anno dell'intervento.

2.6.2.3.11. INTERVENTI DI RIMOZIONE DI SEDIMENTI E/O RICALIBRATURA DELL'ALVEO

Si tratta di interventi che possono modificare la geometria della sezione e/o le quote del fondo, determinare una riduzione di volumi di sedimenti per il trasporto solido, e possono inoltre provocare significative modifiche e rimaneggiamenti della tessitura e della struttura dei sedimenti del fondo (rimozione dello strato superficiale, dilavamento del materiale fine, ecc.).

È necessario determinare:

- (1) ubicazione;
- (2) tipologia (rimozione di sedimenti, modellamento del fondo, riprofilatura delle sponde, ecc.);
- (3) dimensioni: lunghezza del tratto interessato e variazioni di quota del fondo;
- (4) volume di sedimenti rimossi;
- (5) anno dell'intervento.

2.6.2.3.12. INTERVENTI DI RIMOZIONE DEL MATERIALE LEGNOSO IN ALVEO

È necessario conoscere l'eventuale realizzazione di interventi di rimozione del materiale legnoso di grandi dimensioni che può avvenire periodicamente o a seguito di piene significative.

In questi casi è sufficiente conoscere:

- (1) ubicazione e lunghezza del tratto interessato da rimozione;
- (2) eventuale stima del volume o massa asportata;
- (3) anno dell'intervento.

Tali informazioni sono importanti in sede di interpretazione delle modifiche dell'abbondanza di legname nel tratto.

2.6.2.3.13. TAGLIO DI VEGETAZIONE NELLA FASCIA PERIFLUVIALE

Le alterazioni si configurano come:

- (1) semplificazione delle formazioni presenti con riduzione o scomparsa delle formazioni riparie;

- (2) riduzione della presenza di specie riparie presenti e comunque delle specie a maggiore coerenza ecologica;
- (3) riduzione dell'estensione delle formazioni riparie e delle formazioni funzionali;
- (4) riduzione della continuità delle formazioni riparie e delle formazioni funzionali.

Tali alterazioni possono derivare da: estensione dei coltivi, taglio della vegetazione, incremento dell'impatto da antropizzazione delle fasce perfluviali (ad esempio ingresso o incremento della presenza di specie esotiche).

Il complesso delle alterazioni viene comunque rilevato nell'ambito della determinazione di Ampiezza ed Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale, mentre qui si fa riferimento specificamente agli interventi antropici all'origine dell'alterazione. Gli interventi di artificializzazione hanno maggiore impatto quanto più sono posti in vicinanza del corso d'acqua.

In particolare, nel caso di rimozione della vegetazione presente in fascia perfluviale, i dati da reperire sono:

- (1) ubicazione;
- (2) estensione;
- (3) data dell'intervento.

2.6.3. Ulteriori elementi per l'analisi ed il monitoraggio

2.6.3.1. Portate solide

Nell'elenco dei parametri da monitorare precedente non rientra il trasporto solido (con particolare riferimento a quello al fondo), nonostante sia ampiamente riconosciuta la sua importanza per una piena comprensione dei processi di dinamica fluviale, in quanto la misura del trasporto al fondo è molto onerosa e richiede tempi sufficientemente lunghi. Tuttavia, va incoraggiata ogni possibilità di includere la misura del trasporto solido nel programma di monitoraggio, anche cercando sinergie con altri programmi di ricerca condotti parallelamente per altri scopi.

La misura del trasporto solido potrebbe essere realizzata non tanto nell'ottica di valutare uno scostamento rispetto ad uno stato di riferimento, problema non risolvibile per l'impossibilità pratica di definire quest'ultimo, quanto piuttosto in un'ottica di monitoraggio strumentale (operativo o investigativo) in corrispondenza di tratti a rischio o per investigare particolari problemi e monitorare gli effetti di particolari impatti.

Il numero di siti di possibile monitoraggio va ovviamente limitato, ma potrebbe essere sufficiente un punto di monitoraggio all'interno di un bacino (esclusi bacini di grandi dimensioni nei quali ne sarebbe necessario un numero più elevato) in corrispondenza o in prossimità di una stazione idrometrica delle portate.

2.6.3.2. Uso del suolo

Un secondo elemento apparentemente trascurato tra gli elementi da monitorare è l'uso del suolo. Anche in questo caso il motivo è principalmente legato al notevole impegno richiesto per misurare eventuali variazioni di uso del suolo soprattutto quando si opera a scala di bacino. È ovvio che le variazioni di uso del suolo possono avere effetti importanti sia sulle portate solide che su quelle liquide, seppure la scala temporale nell'arco della quale si manifestano impatti significativi può essere piuttosto ampia.

La considerazione precedente si può estendere anche a questo aspetto: sono da prevedere, quando possibile, nuovi rilievi (idealmente, almeno una volta ogni 10 anni circa) tali da poter aggiornare l'uso del suolo e monitorare le variazioni in corso.

3. BIBLIOGRAFIA

3.1 RIFERIMENTI – REGIME IDROLOGICO

- ARPA EMILIA ROMAGNA (2008). *Ottimizzazione della rete di monitoraggio delle portate idriche nei corsi d'acqua della Regione Emilia-Romagna*, Servizio Idrometeorologico, Aarea Idrologia.
- BRATH A., CAMORANI G., CASTELLARIN A. (2004). *Una tecnica di stima regionale della curva di durata delle portate in bacini non strumentati*, Atti del XXIX Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento, 7-10 settembre 2004.
- CEDEX (2008). *IAHRIS, Indices de Alteración Hidrológica en Ríos*, Manual de Referencia Metodológica.
- ENVIRONMENT AGENCY UK (2005). *High-resolution in situ monitoring of flow between aquifers and surface waters* – Science Report SC030155/SR4.
- ENVIRONMENT AGENCY UK (2005). *Groundwater–surface water interactions in the hyporheic zone* – Science Report SC030155/SR1.
- EUROPEAN COMMISSION (2000). *Directive 2000/60 EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal L 327, 22/12/2000, 73 pp.
- HENRIKSEN J. A., HEASLEY J., KENNEN J.G., AND NIEWSAND S. (2006). *Users' manual for the hydroecological integrity assessment process software (including the New Jersey Assessment Tools)*. U.S. Geological Survey, Biological Resources Discipline, Open File Report 2006-1093: <http://www.nature.org/initiatives/freshwater/conservationtools/art17004.html>
- HERSH E.S., MAIDMENT D.R. (2006). *Assessment of Hydrologic Alteration Software*, CRWR Online Report 06-11: <http://www.ce.utexas.edu/centers/crwr/reports/online.html>
- IBRAHIM A.B., CORDERY I. (1995). *Estimation of recharge and runoff volumes from ungauged catchments in eastern Australia* Hydrological Sciences Journal, 40, 4, 1995: http://iahs.info/hsj/400/hysj_40_04_0499.pdf
- ISPRA (2011). *Linee guida per l'elaborazioni di base di serie idrologiche* (in preparazione)
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration of time scales*, Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-1863: <http://ccc.atmos.colostate.edu/relationshipofdroughtfrequency.pdf>
- PRINCIPATO G., VIGGIANI G. (2006). *Condizioni idrologiche di riferimento per la tutela dei corsi d'acqua*, L'Acqua, 4/2006.
- RICHTER B. D., BAUMGARTNER J. V., POWELL J., BRAUN D.P. (1996). *A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems*, Conservation Biology, Vol. 10, No. 4, August 1996, pp. 1163-1174.
- RICHTER B.D., MATHEWS R., HARRISON D.L., WIGINGTON R. (2003). *Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity*, Ecological Applications, Vol. 13, No. 1, February 2003, pp. 206-224
- SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE (1997). *Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici, parte II* – Roma.
- THE NATURE CONSERVANCY (2009). *Indicators of Hydrologic Alteration Version 7.1* – User's Manual.
- WINTER T.C. (1995). *Recent advances in understanding the interaction of groundwater and surface water*, Reviews of Geophysics, Vol. 33, No.S1, 985–994.

- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1994), Guide to Hydrological Practices.
- ZOLEZZI G., BELLIN A., BRUNO M. C., MAIOLINI B., SIVIGLIA A. (2009). *Assessing hydrological alterations at multiple temporal scales: Adige River, Italy*, Water Resources Research, Vol. 45, 2009.

3.2 RIFERIMENTI – CONDIZIONI MORFOLOGICHE

- CEN (2002). *A Guidance Standard for Assessing the Hydromorphological Features of Rivers*. CEN – TC 230/WG 2/TG 5: N32.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., (2011). *Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua – Versione 1*, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, 232 pp.



ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine
Via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma
Via Curtatone 3, 00185 Roma
www.isprambiente.it