



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Implementazione della Direttiva 2000/60/CE  
**Analisi e valutazione  
degli aspetti idromorfologici**

**BOZZA**

Roma, 11 marzo 2010





**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine  
Servizio Monitoraggio e Idrologia Acque Interne  
Settore Idrologia

**Implementazione della Direttiva 2000/60/CE**

# **Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici**

**BOZZA**



Il seguente elaborato unisce ed aggiorna i tre precedenti (regime idrologico, condizioni morfologiche – valutazione, condizioni morfologiche – monitoraggio) già pubblicati separatamente su web.

Esso costituisce la versione più aggiornata, ancorchè in bozza, e sarà sostituito a breve dalla versione definitiva, migliorata nella parte editoriale ed ampliata in alcune parti descrittive del metodo valutativo del regime idrologico.

Si fa presente che al fine della corretta applicazione del metodo di valutazione morfologica è vivamente consigliata la frequenza di corsi di formazione che ISPRA sta organizzando e dei quali verrà data comunicazione entro la fine di aprile 2010.

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

**Martina Bussettini**

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

e

**Massimo Rinaldi**

*Università di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale*

e costituito da:

per il capitolo 1.Regime Idrologico:

**Martina Bussettini, 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<sup>a</sup>, Nicola Surian<sup>b</sup> e Francesco Comiti<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze*

<sup>b</sup> *Dipartimento di Geografia, Università di Padova*

<sup>c</sup> *Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano*

e

**Martina Bussettini, 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*

## **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 manuale.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

La presente pubblicazione fa riferimento ad attività svolte in un periodo antecedente l'accorpamento delle tre Istituzioni e quindi riporta ancora, al suo interno, richiami e denominazioni relativi ai tre Enti soppressi.

**ISPRA** – Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48

00144 Roma

[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

© ISPRA 2010

**ISBN: 978-88-448-0439-8**

Riproduzione autorizzata citando la fonte

### **Elaborazione grafica**

ISPRA

*Grafica di copertina:* Giovanni Braca

*Foto di copertina:* Barbara Lastoria. Fiume Cecina a Ponte Ginori, 3 settembre 2009.

Marzo 2010

Citare questo documento come segue:

**ISPRA 2010, *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDROMORFOLOGICI - BOZZA 11.03.2010*, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma**

# INDICE

<b>Premessa</b> .....	<b>vi</b>
<b>Caratterizzazione idromorfologica iniziale</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. REGIME IDROLOGICO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Generalità</b> .....	<b>8</b>
1.1.1. Portata liquida .....	8
1.1.2. Precipitazioni e temperatura.....	8
1.1.3. Prelievi, immissioni e regolazioni.....	9
1.1.4. Volumi scambiati con i corpi idrici sotterranei.....	9
<b>1.2 Metodologia di valutazione</b> .....	<b>9</b>
1.2.1. Valutazione dello stato del regime idrologico per sezione strumentata.....	10
1.2.1.1. Fase 1 .....	10
1.2.1.2. Fase 2 .....	11
1.2.2. Valutazione dello stato del regime idrologico per sezione non strumentata.....	12
1.2.2.1. Fase 1 .....	12
1.2.2.2. Fase 2 .....	13
<b>2. CONDIZIONI MORFOLOGICHE</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Struttura metodologica</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 Inquadramento e classificazione iniziale dei corsi d’acqua</b> .....	<b>18</b>
2.2.1. Step 1 – Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche.....	19
2.2.2. Step 2 – Definizione del grado di confinamento.....	21
2.2.3. Step 3 – Definizione della morfologia dell’alveo .....	23
2.2.3.1. Classificazione dei corsi d’acqua non confinati e semiconfinati .....	25
2.2.3.2. Classificazione dei corsi d’acqua confinati.....	26
2.2.3.2.1. Classificazione di II° livello.....	26
2.2.4. Step 4 – Suddivisione in tratti .....	27
<b>2.3 Valutazione dello stato attuale dei corsi d’acqua</b> .....	<b>28</b>
2.3.1. Valutazione di primo livello .....	28
2.3.1.1. Alvei confinati.....	32
2.3.1.2. Alvei semiconfinati e non confinati .....	33
2.3.2. Definizione delle classi .....	34
2.3.2.1. Funzionalità.....	34
2.3.2.1.1. Continuità.....	34
2.3.2.1.2. Morfologia .....	36
2.3.2.2. Artificialità .....	41
2.3.2.2.1. Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte.....	41
2.3.2.2.2. Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto .....	42
2.3.2.2.3. Opere di alterazione della continuità laterale.....	43
2.3.2.2.4. Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato .....	43
2.3.2.2.5. Interventi di manutenzione e prelievo.....	44
2.3.2.3. Variazioni morfologiche .....	45
2.3.3. Attribuzione dei punteggi e sintesi delle informazioni .....	46
<b>2.4 Monitoraggio morfologico</b> .....	<b>50</b>
2.4.1. Tipi di monitoraggio morfologico.....	50

2.4.2. Monitoraggio strumentale .....	50
2.4.2.1. Impostazione generale del programma di monitoraggio.....	50
2.4.2.2. Monitoraggio degli elementi morfologici naturali.....	54
2.4.2.2.1. Continuità.....	54
2.4.2.2.1.1. Portate liquide .....	54
2.4.2.2.1.2. Estensione e continuità piana inondabile.....	54
2.4.2.2.1.3. Sponde in arretramento .....	55
2.4.2.2.2. Configurazione morfologica .....	55
2.4.2.2.2.1. Indice di sinuosità .....	55
2.4.2.2.2.2. Indice di intrecciamento.....	55
2.4.2.2.2.3. Indice di anastomizzazione .....	55
2.4.2.2.2.4. Morfometria di barre e isole.....	55
2.4.2.2.2.5. Configurazione morfologica .....	55
2.4.2.2.2.6. Pendenza del fondo .....	56
2.4.2.2.3. Configurazione della sezione .....	56
2.4.2.2.3.1. Larghezza alveo .....	56
2.4.2.2.3.2. Profondità alveo .....	56
2.4.2.2.3.3. Rapporto larghezza / profondità.....	56
2.4.2.2.3.4. Variazione di quota del fondo.....	57
2.4.2.2.4. Struttura e substrato dell'alveo .....	57
2.4.2.2.4.1. Dimensioni granulometriche del fondo.....	57
2.4.2.2.4.2. Strutture del fondo: corazzamento e clogging .....	57
2.4.2.2.4.3. Abbondanza di materiale legnoso di grandi dimensioni.....	58
2.4.2.2.5. Vegetazione nella fascia perifluviale .....	58
2.4.2.2.5.1. Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale .....	59
2.4.2.2.5.2. Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde.....	59
2.4.2.3. Monitoraggio degli elementi artificiali .....	59
2.4.2.3.1. Dighe.....	59
2.4.2.3.2. Altre opere di alterazione delle portate liquide e/o solide (diversivi o scolmatori, derivazioni, casse di espansione) .....	60
2.4.2.3.3. Opere trasversali di trattenuta o derivazione.....	60
2.4.2.3.4. Opere trasversali di consolidamento .....	61
2.4.2.3.5. Opere di attraversamento .....	61
2.4.2.3.6. Difese di sponda.....	61
2.4.2.3.7. Arginature .....	62
2.4.2.3.8. Variazioni di tracciato o modifica di forme fluviali nella pianura.....	62
2.4.2.3.9. Variazioni areali della fascia erodibile.....	62
2.4.2.3.10. Rivestimenti del fondo .....	63
2.4.2.3.11. Interventi di rimozione di sedimenti e/o ricalibratura dell'alveo.....	63
2.4.2.3.12. Interventi di rimozione del materiale legnoso in alveo.....	63
2.4.2.3.13. Taglio di vegetazione nella fascia perifluviale .....	63
<b>3. RIFERIMENTI.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1 Bibliografia .....</b>	<b>65</b>
3.1.1. Regime idrologico.....	65
3.1.2. Condizioni morfologiche .....	65

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Schema della procedura per la valutazione dello stato idrologico .....	14
Figura 2: 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).....	24

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Limiti di classe dello stato del regime idrologico per sezione strumentata .....	11
Tabella 2: Limiti di classe dello stato del regime idrologico per una sezione non strumentata .....	13
Tabella 3: Valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie ed aspetti trattati.....	17
Tabella 4: Principali unità fisiografiche.....	20
Tabella 5: Definizione delle classi di confinamento sulla base del grado e dell'indice di confinamento.....	22
Tabella 6: Campi di variabilità degli indici di sinuosità, intrecciamento ed anastomizzazione per le varie morfologie fluviali (in grassetto i valori soglia dei parametri caratterizzanti). .....	25
Tabella 7: Simbologia utilizzata per la distinzione nelle diverse tipologie fluviali in funzione di confinamento, morfologia e dimensioni. ....	29
Tabella 8: Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione (alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede) (continua). ....	30
Tabella 9: Funzionalità geomorfologica: indicatori per alvei confinati.....	32
Tabella 10: Artificialità: indicatori per alvei confinati. ....	32
Tabella 11: Variazioni morfologiche: indicatori per alvei confinati.....	32
Tabella 12: Funzionalità geomorfologica: indicatori per alvei semi- e non confinati. ....	33
Tabella 13: Artificialità: indicatori per alvei semi- e non confinati.....	33
Tabella 14: Variazioni morfologiche: indicatori per alvei semi- e non confinati. ....	34
Tabella 15: Relazioni tra campi di pendenze e morfologia del fondo attesa .....	36
Tabella 16: Definizione delle morfologie contigue e non contigue nelle variazioni di configurazione morfologica .....	45
Tabella 17: Punteggi relativi agli indicatori di funzionalità. ....	48
Tabella 18: Punteggi relativi agli indicatori di artificialità. ....	48
Tabella 19: Punteggi relativi agli indicatori di variazioni morfologiche .....	48
Tabella 20: Classi di qualità morfologica. ....	49
Tabella 21: Tipi di monitoraggio ai fini della WFD e relative metodologie applicabili. ....	50
Tabella 22: Aspetti idromorfologici ed elementi artificiali da monitorare. ....	52
Tabella 23: Metodologie e scansione spaziale per il monitoraggio strumentale degli aspetti morfologici. G: di grandi dimensioni (larghezza > 30 m). ....	53
Tabella 24: Elementi artificiali da monitorare divisi per categorie. ....	59



## **Premessa**

I processi idromorfologici, che condizionano l'assetto dei corsi d'acqua, possono essere valutati attraverso l'analisi ed il giudizio 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 verrà valutato attraverso metodi differenti. Si sottolinea il carattere iterativo del processo conoscitivo e di sviluppo dei metodi valutativi: pertanto, le valutazioni relative a ciascun aspetto verranno effettuate, sulla base dei metodi a disposizione e del livello di dettaglio consentito dalle informazioni disponibili, alle scale temporali e spaziali più appropriate come di seguito specificate.

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

Pertanto, in seguito, i metodi di analisi e valutazione di tali aspetti saranno trattati separatamente.

## **Caratterizzazione idromorfologica iniziale**

Nella fase di prima caratterizzazione, 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 DM 28.07.2004,

viene effettuata una prima rappresentazione dello stato fisico dei sistemi idrografici e delle pressioni insistenti sui pertinenti 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 di caratterizzazione 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

Ai fini della valutazione dello stato idrologico dei corpi idrici e dell'efficacia ed efficienza dei programmi di misure di cui all'art. 11 della Direttiva Quadro Acque, è necessario considerare i parametri idrologici di seguito riportati.

### 1.1.1. Portata liquida

La portata liquida, definita come il volume di acqua che attraversa una determinata sezione di corso d'acqua nell'unità di tempo, costituisce il principale parametro da valutare per gli aspetti idrologici.

Il decreto ministeriale Decreto 14 aprile 2009, n. 56, recante *"Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento 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 3, del decreto legislativo medesimo"* stabilisce, per il monitoraggio della portata (sia di sorveglianza che operativo), una frequenza "in continuo".

Pertanto devono essere previsti punti di controllo significativi fissi in corrispondenza, ad esempio, di opere idrauliche, di sezioni di chiusura di bacino, nodi strategici (es. siti di sorveglianza), etc., nei quali gli strumenti automatici forniscono misure in continuo del livello idrico ovvero della portata.

Per siti con sezioni non strumentate, i valori di portata sono stimati mediante l'applicazione di modellistica idrologica.

Al fine di ottenere misure affidabili sulle quali basare le successive valutazioni, è necessario garantire la continuità di funzionamento e l'efficienza nel tempo della strumentazione della rete fissa già esistente e favorire l'integrazione di nuovi punti di osservazione e monitoraggio che non devono avere carattere di temporaneità.

I siti di monitoraggio delle portate non devono necessariamente coincidere con quelli del monitoraggio biologico; è però necessario, nel primo ciclo di gestione, effettuare la misura delle portate in ciascun corpo idrico interessato dal monitoraggio biologico, allo scopo di tarare i modelli di stima delle portate e di avere sufficienti informazioni per pianificare i monitoraggi negli anni successivi (*World Meteorological Organization, Guide to Hydrological Practices, 1994; Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, Norme tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici, parte II -Roma 1997; Arpa Emilia Romagna – Servizio Idrometeorologico, area Idrologia: "Ottimizzazione della rete di monitoraggio delle portate idriche nei corsi d'acqua della Regione Emilia-Romagna", 2008*).

### 1.1.2. Precipitazioni e temperatura

Precipitazioni e temperatura costituiscono grandezze necessarie 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.

Per la valutazione dell'alterazione del regime pluviometrico per diversi intervalli di aggregazione si utilizza l'indice SPI (Standardized Precipitation Index) riportato nell'articolo "*The relationship of drought frequency and duration of time scales*", di *McKee et alii*, in *Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-1863*.

I valori di tale indice, relativamente all'area europea, sono pubblicati da ISPRA sul *Bollettino mensile di Siccità*, disponibile su web.

La valutazione dell'alterazione del regime termometrico è necessaria in particolare laddove il corpo idrico sia alimentato principalmente dallo scioglimento nivale.

### **1.1.3. 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 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.

### **1.1.4. 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, ben riassunte nell'articolo "*Recent advances in understanding the interaction of groundwater and surface water*", di *Thomas C. Winter* in *Reviews of Geophysics*, Vol. 33, No.S1, 985-994, 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*" - Science Report SC030155/SR4 Environment Agency UK, 2005 e "*Groundwater-surface water interactions in the hyporheic zone*" Science Report SC030155/SR1, Environment Agency UK, 2005.

## **1.2 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE**

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

L' *IARI* è costruito a partire dai dati di portata liquida (definita come il volume di acqua che attraversa una determinata sezione nell'unità di tempo), mediante il confronto tra le portate mensili che effettivamente transitano attraverso la sezione d'alveo (per brevità denominate "reali") e le corrispondenti portate mensili naturali.

La serie delle portate naturali, utilizzata per definire il regime idrologico di riferimento, deve essere costituita da almeno 20 anni di dati.

Questi possono essere:

- 1) ricostruiti interamente dalla serie delle portate osservate, se questa è costituita da almeno 20 anni di dati;
- 2) parzialmente ricostruiti dalla serie delle portate osservate se questa è costituita da meno di 20 anni di dati; i restanti anni sono invece stimati mediante modellistica idrologica;
- 3) interamente stimati mediante modellistica idrologica se non si dispone di alcuna osservazione.

La stima e la ricostruzione delle portate può essere effettuata mediante diversi metodi. Un esempio di metodologia per la stima delle portate mensili è quello riportato nell'articolo "*Estimation of recharge and runoff volumes from ungauged catchments in eastern Australia*" di Ibrahim and I. Cordery (in *Hydrological Sciences Journal*, 40, 4, 1995).

La procedura per la valutazione dello stato del regime idrologico (sinteticamente schematizzata in figura 1) si articola in due fasi: una prima fase (*Fase 1*) in cui si valuta l'Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI) e si individua il corrispondente stato del regime idrologico e una seconda fase (*Fase 2*) che si attiva qualora il valore di *IARI* evidenzia la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al "BUONO", e che si configura come una fase di approfondimento volta ad individuare l'origine della criticità.

All'interno della procedura la determinazione dell'Indice di Alterazione del Regime Idrologico così come le modalità con cui si esplica la fase di approfondimento di eventuali criticità vengono definite in maniera differente a seconda che la sezione in cui si effettua la valutazione del regime idrologico sia dotata o meno di strumentazione per la misura diretta o indiretta, della portata. Pertanto nel seguito la valutazione dello stato del regime idrologico è differenziata nei due casi di sezione strumentata e sezione non-strumentata.

### 1.2.1. Valutazione dello stato del regime idrologico per sezione strumentata

L'indice di alterazione è determinato mediante il confronto tra le portate mensili misurate e le corrispondenti portate mensili naturali. Queste ultime possono essere ricostruite a partire dalle portate misurate tenendo conto dei prelievi, delle immissioni, degli effetti delle regolazioni e degli effetti di opere, ovvero stimate mediante modellistica idrologica.

#### 1.2.1.1. Fase 1

Si procede alla ricostruzione delle serie delle portate medie mensili naturali, indicate con  $QN_{i,j}$ , dove  $i = 1, \dots, 12$  e  $j = 1, \dots, n$ , con  $n$  numero di anni, che, come già detto, deve essere  $\geq 20$ . A partire da tali serie si calcolano per il mese  $i$ -esimo i percentili 20% e 80%, indicati con  $QN_{0.20,i}$  e  $QN_{0.80,i}$ , che individuano l'intervallo di riferimento della portata naturale media mensile  $QN_{i,j}$ .

Per ciascun mese  $i$ -esimo dell'anno  $k$ -esimo in esame, 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  $QN_{0.20,i}$  e  $QN_{0.80,i}$  attribuendo un punteggio pari a 0 al mese in cui la portata ricade nell'intervallo di riferimento e valori proporzionali allo scostamento dagli estremi dell'intervallo

stesso, in caso contrario. Qualora il valore di portata media mensile non sia disponibile si applica al mese un punteggio  $p_{i,k}$  pari a 1,5.

Per ciascun anno  $k$ -esimo in esame l'indice di alterazione è definito come la media dei punteggi  $p_{i,k}$  per  $i = 1, \dots, 12$  secondo la relazione:

$$IARI_k = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} p_{i,k}$$

dove:

$$p_{i,k} = \begin{cases} 0 & \text{se } QN_{0,20,i} \leq Q_{i,k} \leq QN_{0,80,i} \\ \min \left( \left| \frac{Q_{i,k} - QN_{0,20,i}}{QN_{0,80,i} - QN_{0,20,i}} \right|, \left| \frac{Q_{i,k} - QN_{0,80,i}}{QN_{0,80,i} - QN_{0,20,i}} \right| \right) & \text{se } Q_{i,k} < QN_{0,20,i} \text{ o } Q_{i,k} > QN_{0,80,i} \\ 1,5 & \text{se } Q_{i,k} \text{ non è disponibile} \end{cases}$$

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

Sulla base del valore assunto da  $IARI_k$  è definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella Tabella 1 di seguito riportata.

*I limiti degli intervalli utilizzati per caratterizzare i differenti stati sono individuati sulla base dell'ipotesi che dallo stato ELEVATO allo stato CATTIVO lo scostamento medio annuo dall'intervallo di riferimento  $[QN_{0,20,i}, QN_{0,80,i}]$  della portata media mensile sia non superiore rispettivamente al 5%, 15%, 30% e 50% dello stesso intervallo di riferimento.*

**Tabella 1: Limiti di classe dello stato del regime idrologico per sezione strumentata**

<i>IARI</i>	<i>STATO</i>
$0 \leq IARI \leq 0,05$	<b>ELEVATO</b>
$0,05 < IARI \leq 0,15$	<b>BUONO</b>
$0,15 < IARI \leq 0,30$	<b>MODERATO</b>
$0,30 < IARI \leq 0,50$	<b>SCARSO</b>
$IARI > 0,50$	<b>CATTIVO</b>

Nel caso in cui il valore dell'indice  $IARI_k$  di alterazione del regime idrologico nell'anno  $k$  evidenzi la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al **BUONO** ( $IAR_k > 0,15$ ), si procede alla *Fase 2*.

### 1.2.1.2. Fase 2

Nella *Fase 2* si provvede ad un ulteriore approfondimento delle caratteristiche del deflusso basato sulla stima degli indicatori di alterazione idrologica IHA (*Indicators of Hydrologic Alterations*), costruiti sia per la serie delle portate giornaliere naturali (ricostruite) che per le portate giornaliere misurate relative all'anno in esame (*Nature Conservancy - Indicators of Hydrologic Alteration Users Manual, 2001*).

Il metodo IHA si basa sul presupposto che la portata fluviale e la relativa temporalità condizionano fortemente i processi fluviali e quindi l'integrità ecologica degli ecosistemi. Nel metodo si individuano cinque componenti critiche del regime idrologico, fondamentali per la regolazione dei processi ecologici fluviali:

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 presenta;
5. la rapidità di variazione da una condizione di deflusso ad un'altra che caratterizza un certo corso d'acqua.

Ciascuna componente viene descritta da un insieme di parametri, valutabili a partire dalle serie almeno ventennali delle portate giornaliere reali e naturali.

La differenza tra parametri omologhi dedotti dalle due diverse serie, naturale e osservata, è valutata rispetto ad un *range* prefissato (*Range of Variability Approach – RVA*), che definisce l'accettabilità dello scostamento delle condizioni attuali da quelle naturali e fornisce indicazioni per indirizzare le scelte gestionali conseguenti e valutarne l'efficacia (Richter B. D., Baumgartner J. V., Powell J., Braun D.P., "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., "Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity", *Ecological Applications*, Vol. 13, No. 1, February 2003, pp. 206-224).

Laddove vi sia un'alterazione che comporta la fuoriuscita di alcuni parametri dal *range*, occorre individuare le cause discriminando se la criticità sia imputabile a fattori naturali (es. variazioni climatiche) o antropici. Nel primo caso è possibile elevare la classe di stato idrologico e valutare se, trattandosi di una tendenza consolidata e non di una condizione occasionale, sia opportuno rivedere le condizioni di riferimento. Nel secondo caso si confermerà la valutazione derivante dalla **Fase 1** e si definiranno le misure per riportare i parametri idrologici critici all'interno del *range* di accettabilità.

### **1.2.2. Valutazione dello stato del regime idrologico per sezione non strumentata**

In questo caso, non disponendo di una serie di misure di portata, l'indice di alterazione è espresso come confronto tra una portata misurata *ad hoc* e la corrispondente portata naturale di riferimento. Quest'ultima è stimata mediante modellistica idrologica.

Analogamente alla sezione strumentata la valutazione del grado di alterazione si articola in due fasi (Fase1, Fase 2).

#### *1.2.2.1. Fase 1*

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

Per l'anno  $j$ -esimo si estrae il valore minimo delle portate mensili naturali non nulle  $QN_{min,j}$  ed il mese in cui tale minimo si è verificato  $m_{min,j}$ , generando così la serie delle portate mensili minime annue e quella dei mesi in cui tali minimi si sono verificati.

Dalla serie delle portate mensili minime annue si determinano i percentili 20% e 80%, indicati rispettivamente con  $QN_{0.20,min}$  e  $QN_{0.80,min}$ .

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

In tale mese 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 mensile minimo.

L'indice di alterazione del regime idrologico nell'anno *k-esimo*, indicato con  $IA_k$  è calcolato mediante il seguente rapporto:

$$IARI_k = \begin{cases} 0 & \text{se } QN_{0.20,min} \leq QM_{min,k} \leq QN_{0.80,min} \\ \min \left( \left| \frac{QM_{min,k} - QN_{0.20,min}}{QN_{0.80,min} - QN_{0.20,min}} \right|, \left| \frac{QM_{min,k} - QN_{0.80,min}}{QN_{0.80,min} - QN_{0.20,min}} \right| \right) & \text{se } QM_{min,k} < QN_{0.20,min} \text{ ovvero } QM_{min,k} > QN_{0.80,min} \end{cases}$$

Sulla base del valore assunto da  $IARI_k$ , in analogia a quanto effettuato per la sezione strumentata, sarà definito il corrispondente stato del regime idrologico così come indicato nella Tabella 2 di seguito riportata.

**Tabella 2: Limiti di classe dello stato del regime idrologico per una sezione non strumentata**

<i>IARI</i>	<i>STATO</i>
$0 \leq IARI \leq 0,05$	<b>ELEVATO</b>
$0,05 < IARI \leq 0,15$	<b>BUONO</b>
$0,15 < IARI \leq 0,30$	<b>MODERATO</b>
$0,30 < IARI \leq 0,50$	<b>SCARSO</b>
$IARI > 0,50$	<b>CATTIVO</b>

Nel caso in cui il valore dell'indice  $IARI_k$  di alterazione del regime idrologico nell'anno *k* evidenzi la presenza di condizioni critiche, ossia corrispondenti ad uno stato inferiore al **BUONO** ( $IARI_k > 0,15$ ), si procede alla *Fase 2*.

#### 1.2.2.2. Fase 2

Nella *Fase 2* occorre provvedere a dotare la sezione di strumentazione per il monitoraggio in continuo della portata nella sezione in esame al fine di investigare le cause che hanno determinato le condizioni di criticità.

**Schema del metodo di valutazione del Regime Idrologico**

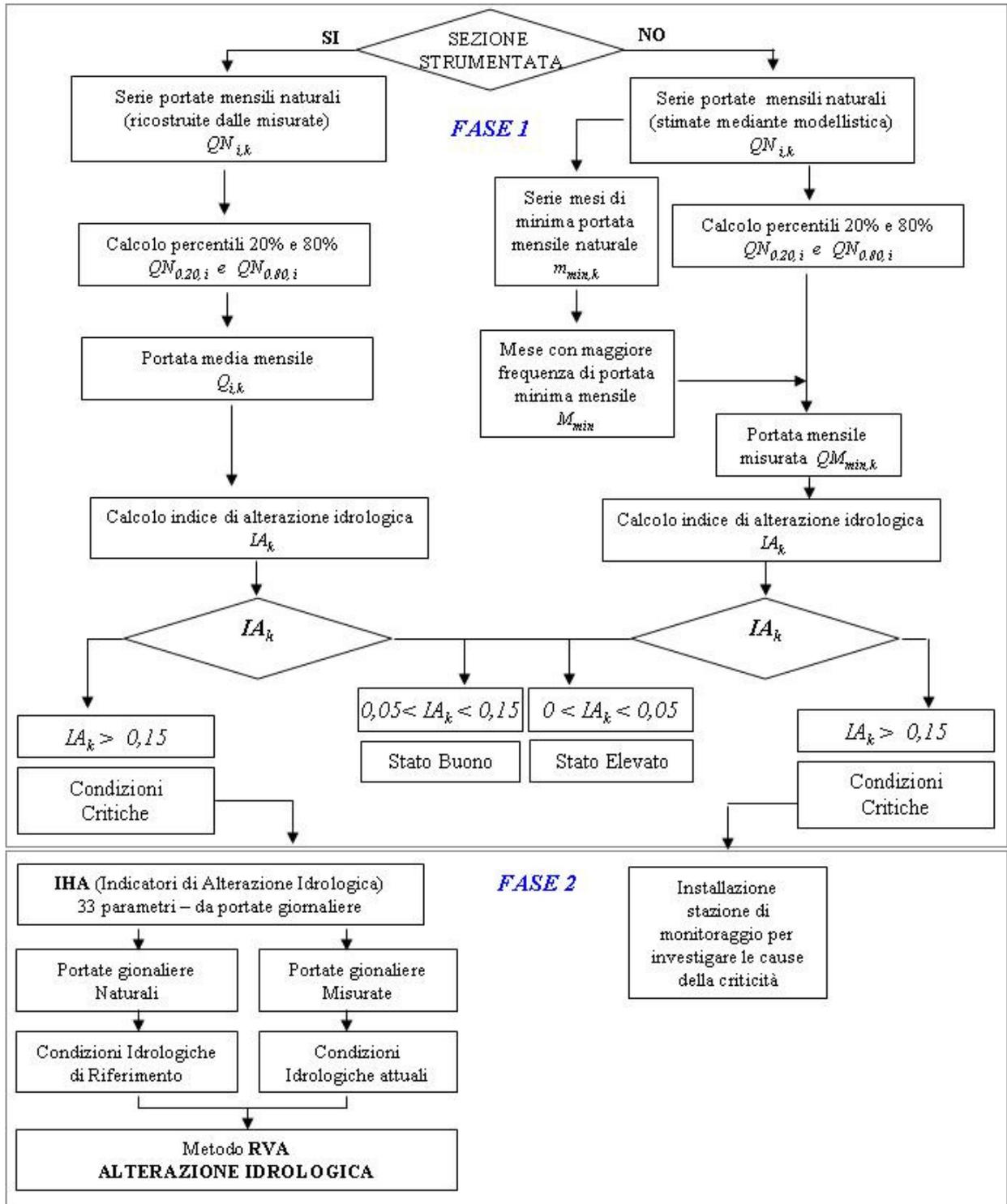


Figura 1: Schema della procedura per la valutazione dello stato idrologico

## 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 determinazione 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 altrettanto 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" completamente indisturbata. Alternativamente, in maniera più pragmatica, si può ritenere che lo **stato di riferimento** di un corso d'acqua sia **identificabile 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.**

E' 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 analisi da telerilevamento (*remote sensing*) con strumenti GIS e di misure e osservazioni sul terreno. Le **analisi GIS da telerilevamento** prevedono l'utilizzo soprattutto di foto aeree, ma per corsi d'acqua sufficientemente grandi (larghezza > 30 m) e, per alcuni tipi di osservazioni, possono essere impiegate anche immagini satellitari. L'utilizzo di immagini telerilevate è condizionato dalla scala e dalla risoluzione delle immagini, pertanto non è possibile condurre questo tipo di osservazioni su tutti i corsi d'acqua. Le **analisi e le misure sul terreno** non prevedono limiti di dimensioni degli alvei investigati; tuttavia è evidente che i corsi d'acqua di piccole dimensioni possono richiedere più osservazioni non essendo utilizzabili le foto aeree.

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**, facendo riferimento alle seguenti **unità spaziali**, con dimensioni progressivamente decrescenti:

- (1) **Bacino idrografico**. Il bacino idrografico rappresenta ovviamente 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 si basa su vari aspetti quali il grado di confinamento, la tipologia morfologica, le principali discontinuità idrologiche, la presenza di elementi antropici significativi, ecc. Dal punto di vista metodologico il tratto rappresenta l'unità elementare di misure da telerilevamento ed analisi GIS. La lunghezza di un tratto è generalmente dell'ordine dei chilometri (in genere 1 - 5 km).
- (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.
- (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 l'**ampiezza della regione fluviale** di indagine, intesa in senso trasversale al corso d'acqua, la sua individuazione 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, dei relativi parametri che si intendono misurare e della scala temporale a cui si fa riferimento. 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, nei casi di presenza di argini a poca distanza dal corso d'acqua e/o di forte incisione dell'alveo che limitano l'estensione di tali aree, è più opportuno fare riferimento all'intera pianura alluvionale (identificabile con quanto riportato sulle Carte Geologiche come "Alluvioni attuali" o le Alluvioni più recenti non terrazzate presenti);
- (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).

Al fine di differenziare le tipologie fluviali suddividendo il reticolo in tratti relativamente omogenei, la prima fase della valutazione è quella di **inquadramento e classificazione iniziale** (paragrafo 2.2) in funzione soprattutto del contesto fisiografico, del grado di confinamento e della morfologia dei corsi d'acqua. Successivamente hanno inizio le fasi di **valutazione dello stato attuale** (paragrafo 2.3). A tal fine si fa riferimento a vari aspetti tra quelli riportati nelle norme CEN (2002), ma secondo una riorganizzazione sequenziale che comprende nell'ordine (Tabella 3):

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

**Tabella 3: Valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie ed aspetti trattati.**

<b>Categorie morfologiche</b>	<b>Aspetti trattati</b>	<b>Descrizione</b>
1. Continuità	A. Continuità longitudinale B. Continuità laterale	Riguarda la capacità del corso d'acqua di garantire la continuità di portate solide anche attraverso la naturale occorrenza delle portate formative <sup>1</sup> . 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 plano-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 tessiturali, la continuità tra flusso superficiale ed iporreico.
5. Vegetazione nella fascia perifluviale	Caratteristiche vegetazionali	Comprende gli aspetti legati alla struttura ed alle caratteristiche della vegetazione nella fascia perifluviale.

<sup>1</sup> Le portate formative sono quelle più significative nel modellare l'alveo. Sono associate al concetto di *portata efficace*, cioè di portata che trasporta più sedimenti in un certo intervallo temporale e che generalmente è quella corrispondente a tempi di ritorno tra 1 e 3 anni. Sono convenzionalmente associate ad un tempo di ritorno pari a 2 anni.

Le categorie morfologiche considerate per la valutazione dello stato attuale e per il monitoraggio futuro comprendono, quindi, sia elementi artificiali che caratteristiche morfologiche naturali.

La **valutazione dello stato morfologico** avviene sulla base di **tre componenti** che tengono conto delle categorie sopra riportate:

- (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 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 geomorfologica, artificialità, variazioni morfologiche), il **monitoraggio** (paragrafo 2.4) consentirà di valutare le tendenze evolutive attuali e future e di rapportarle alle modificazioni passate. In tal modo si potrà 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 CLASSIFICAZIONE INIZIALE DEI CORSI D'ACQUA

La prima fase della procedura di valutazione morfologica ha lo scopo di fornire un inquadramento delle condizioni fisiche dell'area di studio e soprattutto di effettuare una prima suddivisione e classificazione in tratti relativamente omogenei, funzionale alle fasi successive di analisi. Tale fase è a sua volta suddivisa in vari step.

La fase di inquadramento e classificazione iniziale 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 (i Tipi) e per pressioni di tipo antropico (i 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 DM 131/2008 con approfondimenti disciplinari specifici<sup>2</sup>.**

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 quindi essere percorsi come di seguito descritti (in sequenza stretta) o all'interno del percorso previsto dal DM 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 DM 131/2008 e gli step di seguito descritti:

A.1.3 Regionalizzazione	Step 1 – Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche
A1.4.5 Definizione della Tipologia	Step 2 – Definizione del grado di Confinamento Step 3 – Definizione della morfologia dell'alveo
B.3 Processo per l'identificazione dei corpi idrici	Step 4 – Suddivisione in tratti

### 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 clima e regime idrologico, informazioni su litologie prevalenti, informazioni su 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 controlli sul carattere, sul comportamento e sulle variazioni della configurazione longitudinale dei corsi d'acqua in esame. Tali informazioni comprendono: area del bacino, idrologia, (regimi pluviometrici, idrometrici, delle portate), litologia, uso del suolo nel bacino, costruzione di profili longitudinali (dalle carte topografiche disponibili).

<sup>2</sup> buone condizioni idromorfologiche in un corso d'acqua assicurano lo svolgimento di processi quali l'espansione delle piene, il trasporto solido, la dissipazione dell'energia della corrente, il mantenimento e il rinnovamento delle forme e dei processi fluviali, gli scambi di acqua, materia ed energia con la piana inondabile e con la zona iporreica. Tali processi sono di importanza fondamentale per il mantenimento delle comunità biotiche e la conservazione di elevati livelli di biodiversità, nonché per la sicurezza idraulica. Per impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici e degli ecosistemi terrestri, come disposto all'art 1 lettera a della Direttiva 2000/60 è necessario conoscere le alterazioni morfologiche in atto e i loro possibili effetti sul raggiungimento dello stato ecologico prescritto e sul buon potenziale ecologico per i corpi idrici fortemente modificati.

Successivamente vengono individuate le principali **unità fisiografiche** attraversate dai corsi d'acqua in esame, le quali possono riflettere differenti caratteristiche morfologiche ed eventuali controlli tettonici ed idrologico – climatici. Una prima suddivisione può essere fatta considerando le principali unità descritte in Tabella 4. 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 di classificazione, a due principali **ambiti fisiografici**:

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

**Tabella 4: Principali unità fisiografiche.**

<b>Denominazione</b>	<b>Note</b>
<b>Settore Alpino e Pianura Padana</b>	
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. E' 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).
<b>Settore Appenninico ed Isole</b>	
1. 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.
2. 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.
3. Pianure intermontane appenniniche	Bacini intermontani di origine tettonica, frequenti sul versante appenninico tirrenico.
4. Rilievi interni	Rilievi interni del versante tirrenico collinari o montuosi (compresa fascia di vulcanismo vulsino – campano) e rilievi della Sardegna.
5. Alta pianura (o pianura prossimale)	Pianura a partire dagli apici dei conoidi fino alla loro base.
6. Bassa pianura (o pianura distale)	Pianura a minore pendenza.

Le porzioni di corsi d'acqua comprese all'interno di ogni unità fisiografica possono essere denominate **segmenti**. Essi derivano dall'intersezione dei corsi d'acqua con i limiti di unità fisiografica e rappresentano una prima suddivisione di macro-tratti omogenei, funzionale alla successiva definizione dei tratti. La suddivisione in segmenti, soprattutto relativamente ai corsi d'acqua principali del reticolo, può tenere conto anche di significative variazioni della direzione della valle, dovute a controlli strutturali.

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. La misura viene effettuata con strumenti GIS: per un determinato tratto, il grado di confinamento è dato dal rapporto tra la somma delle lunghezze delle sponde in diretto contatto con versanti o terrazzi antichi e la lunghezza totale delle due sponde, espresso in percentuale.

- **Indice di confinamento (Ic)**. E' definito come il rapporto tra la larghezza della pianura (comprensiva dell'alveo) e la larghezza dell'alveo. Il valore dell'indice di confinamento assume un valore minimo di 1 (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;
- $n=2$  per alvei a canali intrecciati o transizionali.

**Tabella 5: Definizione delle classi di confinamento sulla base del grado e dell'indice di confinamento.**

<b>Classe di confinamento</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Confinati</b>	Tutti i casi con grado di confinamento >90%
	Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento $\leq 1.5$
<b>Semiconfinati</b>	Grado di confinamento compreso tra 10% e 90% e indice di confinamento > 1.5
	Grado di confinamento <10% e indice di confinamento $\leq n$
<b>Non confinati</b>	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 5.

### 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).

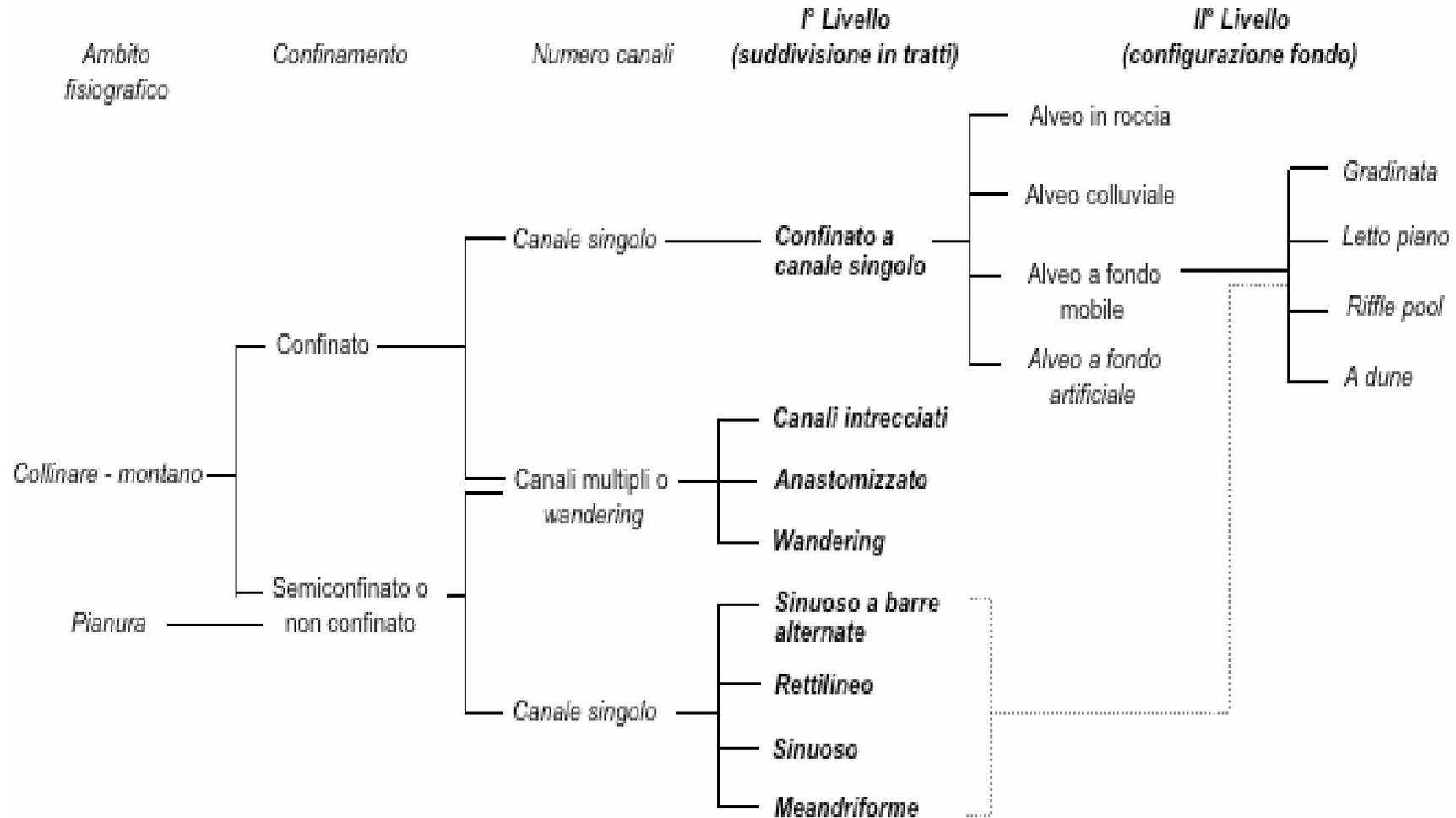
Metodi: telerilevamento / GIS.

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

#### Descrizione

I criteri di classificazione si differenziano a seconda di vari fattori quali il grado di confinamento, il numero di canali, la forma planimetrica, la pendenza 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 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* (la quale avviene contestualmente alla fase di valutazione sul terreno), si opera un'ulteriore distinzione tra i 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.
- (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: 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 e lunghezza misurata lungo la valle. La misura in ambiente GIS si effettua da immagini telerilevate.

- **Indice di intrecciamento ( $I_i$ )**. Si definisce come il numero di canali attivi separati da barre. La misura dell'indice di intrecciamento si effettua, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate, misurando il numero di canali attivi per una serie di sezioni e ricavandone il valore medio nel tratto. Nei casi di alvei di piccole dimensioni, 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 all'indice di intrecciamento.

Sulla base dei tre precedenti indici, ai quali si aggiungono per alcune tipologie fluviali altre osservazioni, viene definita la configurazione morfologica complessiva (o pattern morfologico). Le tipologie utilizzate, e i campi di variabilità dei parametri che le individuano (Tabella 6), tengono conto del contesto di applicazione (territorio italiano) e delle esperienze maturate nell'ambito di ricerche condotte a scala nazionale.

**Tabella 6: Campi di variabilità degli indici di sinuosità, intrecciamento ed anastomizzazione per le varie morfologie fluviali (in grassetto i valori soglia dei parametri caratterizzanti).**

Tipologia	Indice di sinuosità	Indice di intrecciamento	Indice di anastomizzazione
Rettilinei	<b><math>1 \leq I_s &lt; 1.1</math></b>	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Sinuosi	<b><math>1.1 \leq I_s &lt; 1.5</math></b>	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Meandriiformi	<b><math>\geq 1.5</math></b>	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)	1 – 1.5 (di norma pari o prossimo ad 1)
Transizionali	Qualunque	1 – 1.5	1 – 1.5
Canali intrecciati	Qualunque (di norma basso)	<b><math>\geq 1.5</math></b>	<1.5
Anastomizzati	Qualunque (anche >1.5)	1 – 1.1	<b><math>\geq 1.5</math></b>

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

- **Rettilineo**. Alveo a canale singolo con indice di sinuosità inferiore ad 1.1.
- **Sinuoso**. Alveo a canale singolo con indice di sinuosità superiore ad 1.1 ed inferiore ad 1.5.
- **Meandriiforme**. Alveo a canale singolo con indice di sinuosità superiore ad 1.5.
- **Canali intrecciati**. Alveo caratterizzato dalla presenza di più canali separati da barre, con indice di intrecciamento superiore ad 1.5.
- **Anastomizzato**. Alveo caratterizzato dalla presenza di più canali separati da isole vegetate, con indice di anastomizzazione superiore ad 1.5.

- **Transizionale.** Alveo con caratteri intermedi tra le altre tipologie (meandriiformi, canali intrecciati, anastomizzati), che presenta un alveo relativamente largo e poco profondo, costituito in gran parte da barre emerse (lunghezza delle barre laterali superiore al 95% dell'intero tratto). In base alle caratteristiche di intrecciamento, possono essere distinte due sotto-tipologie:
  - (a) *wandering*: alveo con situazioni locali di intrecciamento diffuse;
  - (b) sinuoso a barre alternate: rare situazioni di intrecciamento (indice di intrecciamento pari o 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. Tale classificazione sarà completabile sulla base dell'analisi di immagini telerilevate e non richiederà 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 interviene nelle fasi successive di valutazione dello stato attuale e di monitoraggio, tuttavia 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:

- (1) alvei in roccia;
  - (2) alvei colluviali;
  - (3) alvei a fondo mobile, con presenza cioè di un letto alluvionale.
- **Alveo in roccia.** I tratti in roccia sono contraddistinti dall'assenza, in modo continuo, di un letto alluvionale.
  - **Alveo colluviale.** I cosiddetti tratti colluviali si distinguono per la presenza di materiale fine (depositi colluviali o di versante) e sono in genere rappresentati dalle aste di ordine gerarchicamente inferiore (primo ordine) nelle zone di testata del reticolo idrografico.
  - **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 le seguenti sotto-tipologie:
  - **A *gradinata*.** In questa tipologia vengono incluse sia le morfologie a gradinata vere e proprie (con gradini e pozze che occupano l'intera sezione dell'alveo) che quelle configurazioni più caotiche (rapide a gradino), con la caratteristica unificante rappresentata dalla presenza di un flusso con alternanza di getti in caduta e risalti idraulici.

- **Letto piano.** Alveo con un profilo longitudinale regolare privo di rilevanti variazioni altimetriche.
- **Riffle – pool.** Alveo caratterizzato dalla successione di unità a pendenza più sostenuta e tiranti ridotti (raschi o *riffle*) e unità aventi tiranti maggiori e pendenze molto basse (pozze o *pool*).
- **A dune.** Alveo con materiale del fondo costituito prevalentemente da sabbia tale da sviluppare una morfologia a dune e increspature (*dune-ripple*, per brevità qui indicate solo come “dune”).
- **Alveo a fondo artificiale.** Rientrano in questa categoria tutti i casi in cui il fondo è completamente artificiale 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.

#### 2.2.4. Step 4 – Suddivisione 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 del profilo longitudinale.

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

##### Descrizione

Per procedere alla suddivisione definitiva, vengono presi in considerazione anche i seguenti aspetti:

- Pendenza del fondo (nel caso dei confinati rappresenta il principale criterio di ulteriore suddivisione).
- Discontinuità idrologiche naturali (affluenti) o artificiali (dighe).
- Artificializzazione.
- Dimensioni della pianura e/o variazioni dell’indice di confinamento.
- Larghezza dell’alveo.
- Granulometria dei sedimenti.

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

- **Area di drenaggio** sottesa alla chiusura del tratto.
- **Pendenza media del fondo:** 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).
- **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 ai 10 anni.
- **Portate solide.** E' necessario prendere in considerazione se esistono nel bacino misure pregresse, studi o valutazioni atte a quantificare il trasporto solido in una o più sezioni del sistema fluviale.

## 2.3 VALUTAZIONE DELLO STATO ATTUALE DEI CORSI D'ACQUA

La valutazione idromorfologica 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 degli impatti e delle cause per interventi migliorativi.** Esaurita la prima fase su tutti i tratti di un sistema idrografico, 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 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. Valutazione di primo livello

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 alla esistenza di opere ed interventi.
- (3) **Variazioni morfologiche.** Si valutano le variazioni avvenute negli ultimi decenni (con particolare riferimento alle variazioni rispetto agli anni '50).

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.

Le schede si differenziano in alcune componenti a seconda della tipologia fluviale (*Alvei confinati* ovvero *Alvei semiconfinati/non confinati*) e delle dimensioni, 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 (larghezza > 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 è > 30 m, laddove si ritiene che le differenze di larghezza tra le due situazioni siano superiori al margine di errore e laddove, pur non essendo possibile misurare con esattezza la larghezza attuale, è possibile l'attribuzione certa alla classe di variazione.

Nella Tabella 7 si riporta la simbologia adottata in seguito per distinguere le varie tipologie fluviali, mentre in Tabella 8 è riportata una lista di indicatori relativi ai tre aspetti (funzionalità, artificialità, variazioni) e il relativo campo di applicazione.

**Tabella 7: Simbologia utilizzata per la distinzione nelle diverse tipologie fluviali in funzione di confinamento, morfologia e dimensioni.**

<b>CONFINAMENTO</b>	<b>MORFOLOGIA</b>	<b>DIMENSIONI</b>
<b>C:</b> confinati	<b>CS:</b> canale singolo	<b>P:</b> piccole/medie
<b>NC:</b> semi- e non confinati	<b>CI/W:</b> canali intrecciati wandering	<b>G:</b> grandi

**Tabella 8: Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione (alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede) (continua).**

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
<b>Funzionalità</b>		
<b>Continuità</b>		
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	Tutti
F2	Presenza di piana inondabile	Solo NC
F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua	Solo C
F4	Processi di arretramento delle sponde	Solo NC
F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	Solo NC
<b>Morfologia</b>		
Configurazione morfologica		
F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle	Solo C
F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	NC: tutti; C: solo CI/W
F8	Presenza di forme tipiche di pianura	Solo NC meandriformi in ambito fisiografico di pianura
Configurazione sezione		
F9	Variabilità della sezione	Tutti
Struttura e substrato alveo		
F10	Struttura del substrato	Tutti
F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	Tutti
<b>Vegetazione fascia perifluviale</b>		
F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	Tutti
F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde	Tutti
C: confinati; NC: semiconfinati e non confinati; CI/W: canali intrecciati e wandering; G: grandi (L>30 m).		

**Tabella 8: Lista degli indicatori e relativi campi di applicazione (alcuni indicatori non si valutano per qualche sottocaso specificato nelle schede) (continuazione)**

SIGLA	INDICATORE	CAMPO DI APPLICAZIONE
<b>Artificialità</b>		
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</b>		
A1	Opere di alterazione delle portate liquide formative	Tutti
A2	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</b>		
A3	Opere di alterazione delle portate liquide formative	Tutti
A4	Opere di alterazione delle portate solide	Tutti
A5	Opere di attraversamento	Tutti
<b>Opere di alterazione della continuità laterale</b>		
A6	Difese di sponda	Tutti
A7	Arginature	Solo NC
<b>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</b>		
A8	Variazioni artificiali di tracciato	Solo NC
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	Tutti
<b>Interventi di manutenzione e prelievo</b>		
A10	Rimozione di sedimenti	Tutti
A11	Rimozione di materiale legnoso	Tutti
A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	Tutti
<b>Variazioni morfologiche</b>		
V1	Variazione della configurazione morfologica	Solo G
V2	Variazioni di larghezza	Solo G
V3	Variazioni altimetriche	Solo G
C: confinati; NC: semiconfinati e non confinati; CI/W: canali intrecciati e wandering; G: grandi (L>30 m).		

## 2.3.1.1. Alvei confinati

La **funzionalità geomorfologica** viene analizzata considerando gli indicatori riportati nella Tabella 9, suddivisi per le cinque categorie degli aspetti morfologici considerati.

Tabella 9: Funzionalità geomorfologica: indicatori per alvei confinati.

CATEGORIE	FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA		CLASSI		
<b>Continuità</b>	F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	A	B	C
	F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua	A	B	C
<b>Morfologia</b> Configurazione morfologica	F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle	A	B	C
	F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	A	B	C
Configurazione sezione	F9	Variabilità della sezione	A	B	C
Struttura e substrato alveo	F10	Struttura del substrato	A	B	C
	F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	A		C
<b>Vegetazione fascia perifluviale</b>	F12	Vegetazione presente nella fascia perifluviale	A	B	C
	F13	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	A	B	C
	F14	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde	A	B	C

L'**artificialità** viene analizzata considerando la presenza di opere/interventi suddivisi per gruppi, come riportato nella Tabella 10. Esse non vengono suddivise nelle categorie precedenti in quanto alcune opere possono avere effetti molteplici su più categorie.

Tabella 10: Artificialità: indicatori per alvei confinati.

ARTIFICIALITÀ		CLASSI		
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</b>				
A1	Opere di alterazione delle portate liquide formative	A	B	C
A2	Opere di alterazione delle portate solide	A	B	C
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</b>				
A3	Opere di alterazione delle portate liquide formative	A	B	C
A4	Opere di alterazione delle portate solide	A	B	C
A5	Opere di attraversamento	A	B	C
<b>Opere di alterazione della continuità laterale</b>				
A6	Difese di sponda	A	B	C
<b>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</b>				
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	A	B	C
<b>Interventi di manutenzione e prelievo</b>				
A10	Rimozione di sedimenti	A	B	C
A11	Rimozione di materiale legnoso	A	B	C
A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	A	B	C

L'analisi delle **variazioni morfologiche** viene effettuata solo nel caso di corsi d'acqua grandi (**G**: larghezza > 30 m) (Tabella 11).

Tabella 11 Variazioni morfologiche: indicatori per alvei confinati.

CATEGORIE	VARIAZIONI MORFOLOGICHE		CLASSI		
<b>Morfologia</b> <i>Configurazione morfologica</i>	V1	<i>Variazione della configurazione morfologica</i>	A	B	
<i>Configurazione sezione</i>	V2	<i>Variazioni di larghezza</i>	A	B	
	V3	<i>Variazioni altimetriche</i>	A	B	C

### 2.3.1.2. Alvei semiconfinati e non confinati

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive (Tabella 12 - Tabella 14) relative agli indicatori utilizzati per questa seconda tipologia.

**Tabella 12 Funzionalità geomorfologica: indicatori per alvei semi- e non confinati.**

CATEGORIE	FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA		CLASSI		
<b>Continuità</b>	F1	<i>Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso</i>	A	B	C
	F2	<i>Presenza di piana inondabile</i>	A	B	C
	F4	<i>Processi di arretramento delle sponde</i>	A	B	C
	F5	<i>Presenza di una fascia potenzialmente erodibile</i>	A	B	C
<b>Morfologia</b> <i>Configurazione morfologica</i>	F7	<i>Forme e processi tipici della configurazione morfologica</i>	A	B	C
	F8	<i>Presenza di forme tipiche di pianura</i>	A	B	C
<i>Configurazione sezione</i>	F9	<i>Variabilità della sezione</i>	A	B	C
<i>Struttura e substrato alveo</i>	F10	<i>Struttura del substrato</i>	A		C
	F11	<i>Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni</i>	A		C
<b>Vegetazione fascia perifluviale</b>	F12	<i>Vegetazione presente nella fascia perifluviale</i>	A	B	C
	F13	<i>Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale</i>	A	B	C
	F14	<i>Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde</i>	A	B	C

**Tabella 13: Artificialità: indicatori per alvei semi- e non confinati.**

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

Tabella 14: Variazioni morfologiche: indicatori per alvei semi- e non confinati.

CATEGORIE	VARIAZIONI MORFOLOGICHE		CLASSI		
<b>Morfologia</b> Configurazione morfologica	V1	Variazione della configurazione morfologica	A	B	C
Configurazione sezione	V2	Variazioni di larghezza	A	B	C
	V3	Variazioni altimetriche	A	B	C

### 2.3.2. Definizione delle classi

In questa sezione vengono definite le classi (A, B e C) di tutti gli aspetti considerati nelle valutazioni di funzionalità, artificialità e variazioni (per una descrizione più dettagliata delle modalità di compilazione delle schede di valutazione, si rimanda all'apposita *Guida alle risposte*), riportando indicazioni su:

- scala spaziale (longitudinale e laterale);
- tipo di misura (terreno o immagini telerilevate);
- tipologia fluviale (confinato o semi-non confinato);
- campi di applicazione.

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 perifluviale) 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 a quella porzione del *Tratto*. Infine, la scala spaziale laterale indica l'estensione laterale entro la quale vanno condotte le osservazioni (alveo attivo, piana inondabile, ecc.).

#### 2.3.2.1. Funzionalità

##### 2.3.2.1.1. Continuità

###### ***FI: 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 esistono

	forme deposizionali associabili al rallentamento e 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, soglie, rampe, ecc.); il materiale legnoso di dimensioni maggiori viene trattenuto da pile di ponti e/o opere filtranti.
<b>C</b>	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).

**F2: Presenza di piana inondabile**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate e rilievo sul terreno	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>A</b>	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 ( <i>La</i> ) per corsi d'acqua a canale singolo (inclusi sinuosi a barre alternate), o di almeno 1 <i>La</i> nel caso di corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> .
<b>B</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 $\leq 2 La$ (corsi d'acqua a canale singolo o sinuosi a barre alternate) o $\leq 1 La$ (corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> ).
<b>C</b>	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**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura/Versanti adiacenti
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate e rilievo sul terreno	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>A</b>	Esiste un pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (alveo o piana inondabile) che si estende per quasi tutto il tratto (> 90%).
<b>B</b>	Il collegamento tra versanti e corridoio fluviale si estende per una parte significativa del tratto (33÷90%).
<b>C</b>	Il collegamento tra versanti e corridoio fluviale si estende ad una piccola porzione del tratto ( $\leq 33\%$ ).

**F4: Processi di arretramento delle sponde**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate e/o rilievo sul terreno	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	NON SI VALUTA IN CASO DI ALVEI RETTILINEI O SINUOSI A BASSA ENERGIA (BASSA PIANURA, BASSE PENDENZE E/O BASSO TRASPORTO AL FONDO)
<b>A</b>	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 – meandriiformi) e/o di fronte a barre (alvei <i>wandering</i> o a canali intrecciati).
<b>B</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.
<b>C</b>	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***

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>A</b>	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 ( <i>La</i> ) per corsi d'acqua a canale singolo (inclusi sinuosi a barre alternate), o di almeno 1 <i>La</i> nel caso di corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> .
<b>B</b>	Presenza di una fascia erodibile ampia ma con media continuità (33 ÷ 66 %), oppure continuità superiore ma ristretta, ovvero larghezza media complessiva $\leq 2 La$ (corsi d'acqua a canale singolo o sinuosi a barre alternate) o $\leq La$ (corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i> ).
<b>C</b>	Presenza di una fascia erodibile di qualunque ampiezza ma con scarsa continuità ( $\leq 33\%$ ).

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

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo sul terreno e immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA A CONFINATI A CANALE SINGOLO A PENDENZA >0.2%. NON SI APPLICA NEL CASO DI CONFINATO CON FONDO IN ROCCIA, NONCHÉ NEL CASO DI CORSO D'ACQUA PROFONDO PER IL QUALE NON È POSSIBILE OSSERVARE LA CONFIGURAZIONE DEL FONDO.
<b>A</b>	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 15). Rientrano in questa categoria anche le morfologie imposte da fattori naturali (quali log step, 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>B</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 15).
<b>C</b>	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 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 15: Relazioni tra campi di pendenze e morfologia del fondo attesa**

Morfologia fondo	Granulometria Dominante	Intervallo di pendenze (%)
Dune	Sabbia e ghiaia fine	$\leq 0.4$
<i>Riffle-pool</i>	Ghiaia e ciottoli	$0.3 \div 2$
Letto piano	Ciottoli e ghiaia	$1 \div 4$
Gradinata	Massi e ciottoli	$> 3 \div 5$

**F7: Forme e processi tipici della configurazione morfologica**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo terreno e/o immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>Campi di applicazione</b>	NEL CASO DI CONFINATI SI APPLICA SOLO AD ALVEI A CANALI INTRECCIATI O WANDERING
<b>A</b>	Assenza o presenza localizzata ( $\leq 5\%$ ) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale. <i>CANALI INTRECCIATI:</i> tipica presenza di più canali attivi con numerose biforcazioni e barre longitudinali, frequente presenza di isole pioniere, talora isole mature. <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 ad alveo di piena, locali condizioni di intrecciamento, presenza di isole pioniere e talora isole mature. <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 ad alveo di piena, tipico susseguirsi di alternanze <i>riffles</i> e <i>pools</i> (eccetto che in fiumi a fondo sabbioso). <i>SINUOSI, MEANDRIFORMI CON BARRE:</i> barre laterali o di meandro, frequenti erosioni delle sponde esterne (soprattutto nei meandriformi), possibili canali di <i>chute cut off</i> , tipico susseguirsi di alternanze <i>riffles</i> e <i>pools</i> (eccetto che in fiumi a fondo sabbioso). <i>RETTILINEI, SINUOSI, MEANDRIFORMI DI BASSA PIANURA:</i> non presentano necessariamente una significativa eterogeneità di forme.
<b>B</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.
<b>C</b>	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**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA SOLO AD ALVEI MEANDRIFORMI IN AMBITO FISIOGRAFICO DI PIANURA
<b>A</b>	Sono presenti nella pianura forme fluviali attuali o riattivabili di origine naturale (laghi di meandro abbandonato, canali secondari, tracce di meandro abbandonato riattivabili, zone stagnanti, ecc.).
<b>B</b>	Sono presenti solo tracce di forme fluviali, attualmente inattive (abbandonate a partire dagli anni '50 anni circa) ma riattivabili.
<b>C</b>	Completa assenza nella pianura di forme fluviali attuali o riattivabili.

**F9: Variabilità della sezione**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	
<i>Laterale:</i> Alveo	
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo terreno e immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>A</b>	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.
<b>B</b>	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzioni limitate del tratto ( $\leq 33$ %): esiste una variabilità della sezione per $>66$ % di lunghezza del tratto, e/o presenza saltuaria di zone di separazione della corrente.
<b>C</b>	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.

<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	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)
<b>A</b>	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 flesso 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) e canali secondari.
<b>B</b>	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzioni limitate del tratto ( $\leq 33$ %): esiste una variabilità della larghezza e/o una scarsa variabilità altimetrica per $>66$ % di lunghezza del tratto.
<b>C</b>	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzioni significative del tratto ( $>33$ %): la larghezza è pressoché omogenea lungo una porzione significativa del tratto ( $> 33$ %) e/o la configurazione della sezione trasversale è uniforme e riconducibile ad una forma trapezia.

**F10: Struttura del substrato**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito	
<i>Laterale:</i> Alveo	
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	NON SI VALUTA NEL CASO DI FONDO IN ROCCIA O FONDO SABBIOSO, NONCHÉ NEL CASO DI CORSO D'ACQUA PROFONDO PER IL QUALE NON È POSSIBILE OSSERVARE IL FONDO
<b>A</b>	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>B</b>	Evidente riduzione dell'eterogeneità sedimenti e/o presenza evidente e diffusa di <i>clogging</i> .
<b>C</b>	Completa alterazione del substrato per diffusa presenza ( $>33$ % del tratto) di rivestimenti del fondo (sia permeabili che impermeabili).
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	NON SI VALUTA NEL CASO DI FONDO SABBIOSO, NONCHÉ NEL CASO DI CORSO D'ACQUA PROFONDO PER IL QUALE NON È POSSIBILE OSSERVARE IL FONDO
<b>A</b>	Naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti in relazione alle diverse unità sedimentarie (barre, canale, <i>riffle, pool</i> ) ed anche all'interno di una stessa unità, con situazioni di <i>clogging</i> poco significativo.
<b>B</b>	Presenza di corazzamento accentuato in vari punti o presenza evidente e frequente di <i>clogging</i> , oppure presenza di affioramenti del substrato occasionali (e comunque per una lunghezza $\leq 33$ % del tratto) attribuibili ad incisione del materasso alluvionale.
<b>C</b>	Presenza diffusa ( $>33$ % del tratto) di affioramenti del substrato attribuibili ad incisione del materasso alluvionale.

**F11: Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni**

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Sito	Laterale: Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>Campi di applicazione</b>	NON SI APPLICA A TRATTI A QUOTE SUPERIORI AL LIMITE DEL BOSCO O IN CORSI D'ACQUA CON NATURALE ASSENZA DI VEGETAZIONE PERIFLUVIALE
<b>A</b>	Presenza significativa di materiale legnoso: è presente del materiale legnoso di grandi dimensioni (piante, tronchi, ceppaie, rami) nell'alveo e/o sulle sponde.
<b>C</b>	Presenza molto limitata o completa assenza di materiale legnoso: non si riscontra una presenza significativa di materiale legnoso all'interno dell'alveo (comprese isole) né sulle sponde.
(1) In alvei confinati: <i>nel caso di larghezza alveo piene rive &gt; altezza media alberi e profondità media alveo piene rive &gt; diametro medio alberi, si assegna A (tratto di trasporto di legname: naturale assenza).</i>	
(2) In semi- non confinati: <i>in caso di alvei privi di barre (bassa pianura) la relativa abbondanza di materiale legnoso è da valutare in prossimità delle sponde.</i>	

**Vegetazione nella fascia perifluviale****F12: Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale**

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Tratto	Laterale: Pianura alluvionale (per SC/NC); Pianura/Versanti adiacenti (per C)
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	<p>Ampiezza delle formazioni funzionali elevata, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- per corsi d'acqua <i>CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali che occupa tutta l'eventuale piana ed i versanti adiacenti (50 m da ogni sponda) fintantoché non subverticali. La fascia ospita sia formazioni arboree che arbustive spontanee. Per i tratti posti al di sopra del limite del bosco, la fascia dei versanti adiacenti si restringe a 2 m e possono essere presenti anche solo formazioni arbustive.</li> <li>- per corsi d'acqua <i>SEMI- NON CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza complessiva (somma sui due lati) di almeno <math>nLa</math>, dove <math>La</math> è la larghezza dell'alveo, <math>n= 2</math> per corsi d'acqua a canale singolo, oppure <math>n=1</math> per corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>. La fascia ospita sia formazioni arboree che arbustive.</li> </ul>
<b>B</b>	<p>Ampiezza delle formazioni funzionali intermedia, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- per corsi d'acqua <i>CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali con ampiezza <math>&gt; 33\%</math> di tutta l'eventuale piana ed i versanti adiacenti (50 m da ogni sponda) fintantoché non subverticali. La fascia ospita sia formazioni arboree che arbustive. Per i tratti posti al di sopra del limite del bosco, la fascia dei versanti adiacenti si restringe a 2 m, Oppure ampiezza come caso A ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea, es. pioppeti artificiali) o vi sono soltanto formazioni arbustive.</li> <li>- per corsi d'acqua <i>SEMI E NON CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza compresa tra <math>0.5La</math> e <math>nLa</math>, dove <math>n= 2</math> per corsi d'acqua a canale singolo, oppure <math>n=1</math> per corsi d'acqua a canali intrecciati o <i>wandering</i>, oppure come caso A ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea) o vi sono soltanto formazioni arbustive.</li> </ul>
<b>C</b>	<p>Ampiezza limitata delle formazioni funzionali, ovvero:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- per corsi d'acqua <i>CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali con ampiezza <math>\leq 33\%</math> di tutta l'eventuale piana ed i versanti adiacenti (50 m da ogni sponda) fintantoché non subverticali (formazioni arboree o arbustive). Per i tratti posti al di sopra del limite del bosco, la fascia dei versanti adiacenti si restringe a 2 m. Oppure ampiezza come caso B ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea) o presenza di sole formazioni arbustive.</li> <li>- per corsi d'acqua <i>SEMI- NON CONFINATI</i>, fascia delle formazioni funzionali con larghezza complessiva (somma sui due lati) <math>\leq 0.5La</math> (qualunque tipologia), oppure come caso B ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea) o presenza di sole formazioni arbustive.</li> </ul>

**F13: Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Sponde
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza >90% della lunghezza massima disponibile (ovvero somma di entrambe le sponde escluso quelle in roccia nuda). Presenza di formazioni sia arboree che arbustive spontanee (esclusi i tratti sopra il limite del bosco).
<b>B</b>	Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza del 33-90% della lunghezza massima disponibile, oppure come caso A ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea, es. pioppeti industriali) o presenza unicamente di formazioni arbustive.
<b>C</b>	Estensione lineare delle formazioni funzionali per una lunghezza $\leq 33$ % della lunghezza massima disponibile, oppure come caso B ma non tutte le formazioni sono funzionali (ossia vegetazione non spontanea) o presenza unicamente di formazioni arbustive.

## 2.3.2.2. Artificialità

## 2.3.2.2.1. Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

**A1: Opere di alterazione delle portate liquide formative**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Bacino sotteso	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Assenza di opere di alterazione delle portate liquide (dighe, derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) oppure derivazioni di portate liquide ma con effetti solo sulle portate basse e con effetti poco significative (variazioni $\leq 10\%$ ) sia sulle portate formative che sulle portate di piena con $TR > 10$ anni.
<b>B</b>	Presenza di opere (dighe, derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) tali da alterare significativamente le portate di piena con $TR > 10$ anni, con effetti poco significativi sulle portate formative. Rientrano in questa categoria le casse di espansione esterne all'alveo.
<b>C</b>	Presenza di opere (dighe, derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) con effetti significativi (variazioni $> 10\%$ ) sulle portate formative.

**A2: Opere di alterazione delle portate solide**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Bacino sotteso	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	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. In linea di massima, per le briglie l'effetto può essere ritenuto trascurabile quando sono in numero molto basso ed interessano una parte molto limitata del bacino (area sottesa dalle briglie $\leq$ a circa il 10% dell'area sottesa dal tratto). Per le dighe, l'effetto si considera trascurabile quando si tratta di un'unica diga che sottende un'area $\leq 5\%$ circa dell'area sottesa dal tratto.
<b>B</b>	Presenza di dighe e/o briglie di trattenuta con intercettazione totale del trasporto solido al fondo che per la loro distanza dal tratto (vedi dopo) non sono tali da alterare significativamente il trasporto solido al fondo e/o presenza di briglie di consolidamento o briglie di trattenuta aperte che, per numero o distanza dal tratto, sono tali da avere effetti non trascurabili (numero non trascurabile ed area sottesa dalle briglie $> 10\%$ dell'area sottesa dal tratto). <i>DISTANZA DELLE DIGHE DAL TRATTO:</i> in termini di aree sottese, si può assumere di norma che le alterazioni siano poco significative quando l'area sottesa dalla diga più vicina al tratto ( $Ad$ ) è compresa tra il 5% ed il 33% dell'area sottesa dal tratto ( $At$ ) (ossia $5\% At < Ad \leq 33\% At$ ).
	Presenza di dighe e/o briglie di trattenuta con intercettazione totale del trasporto solido al fondo che per la loro distanza dal tratto (vedi dopo) sono tali da alterare significativamente le portate solide. <i>DISTANZA DELLE DIGHE DAL TRATTO:</i> in termini di aree sottese, si può assumere di norma che le alterazioni siano significative quando l'area sottesa dalla diga più vicina al tratto ( $Ad$ ) è compresa tra il 33% ed il 50% dell'area sottesa dal tratto ( $At$ ) (ossia $33\% At < Ad \leq 50\% At$ ).
<b>C</b>	Presenza di dighe (comprese briglie di trattenuta con intercettazione totale del trasporto solido al fondo) che per la loro distanza dal tratto (vedi dopo) sono tali da alterare fortemente le portate solide. <i>DISTANZA DELLE DIGHE DAL TRATTO:</i> in termini di aree sottese, si può assumere di norma che le alterazioni siano forti quando l'area sottesa dalla diga più vicina al tratto ( $Ad$ ) è superiore al 50% dell'area sottesa dal tratto ( $At$ ) (ossia $Ad > 50\% At$ ).

	<p>Presenza di una diga (o una briglia di trattenuta con intercettazione totale del trasporto solido al fondo) all'estremità a monte del tratto.</p> <p><i>PRESENZA DI MISURE O DISPOSITIVI DI RILASCIO DI SEDIMENTI A VALLE:</i> nel caso in cui la diga sia dotata di dispositivi o di procedure tali da consentire il <i>transito di tutto il trasporto solido a valle</i> (completo by-pass), essa si attribuisce alla classe <i>B2</i> (due classi precedenti). Se sono presenti dispositivi di rilascio di sedimenti a valle che consentono un <i>transito elevato, ma non totale, del trasporto solido a valle</i>, la diga si considera in classe <i>C1</i> (classe precedente).</p>
--	--

### 2.3.2.2.2. Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

#### **A3: Opere di alterazione delle portate liquide formative (derivazioni, scolmatori, casse di espansione)**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Zone laterali alveo
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere e immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Assenza di altre opere di alterazione delle portate liquide (derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) oppure derivazioni di portate liquide ma con effetti solo sulle portate di magra e con effetti poco significativi (variazioni $\leq 10\%$ ) sia sulle portate formative che sulle portate di piena con <i>TR &gt; 10 anni</i> .
<b>B</b>	Presenza di opere (derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) tali da alterare significativamente solo le portate di piena con <i>TR &gt; 10 anni</i> , con effetti poco significativi sulle portate formative. Rientrano in questa categoria le casse di espansione esterne all'alveo.
<b>C</b>	Presenza di opere (derivazioni, diversivi o scolmatori, casse di espansione) con effetti significativi (variazioni $> 10\%$ ) sulle portate formative.

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

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	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>B</b>	<p>- <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 (<math>\leq 1</math> 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)</p> <p>- <i>AMBITO DI PIANURA:</i>                      Presenza di una o alcune briglie e/o traverse (<math>\leq 1</math> ogni 1000 m in media nel tratto) (rientrano in questa categoria anche le casse di espansione in linea)</p>
<b>C</b>	<p>- <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 (<math>&gt; 1</math> ogni 200 m in media nel tratto) e/o presenza di una o più briglie di trattenuta a corpo pieno</p> <p>- <i>AMBITO DI PIANURA:</i>                      Presenza di numerose briglie e/o traverse (<math>&gt; 1</math> ogni 1000 m in media nel tratto)                      oppure presenza di diga e/o vaso artificiale all'estremità a valle del tratto (<i>qualunque ambito</i>)</p>
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	

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

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Tratto	Laterale: Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate, carte topografiche, rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Assenza di opere di attraversamento.
<b>B</b>	Presenza di alcune opere di attraversamento ( $\leq 1$ ogni 1000 m in media nel tratto).
<b>C</b>	Presenza diffusa di opere di attraversamento ( $> 1$ ogni 1000 m in media nel tratto).

2.3.2.2.3. Opere di alterazione della continuità laterale**A6: Difese di sponda (muri, scogliere, Ingegneria Naturalistica, pennelli)**

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Tratto	Laterale: Sponde
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Assenza di difese di sponda oppure presenza solo di difese localizzate ( $\leq 5\%$ lunghezza totale delle sponde).
<b>B</b>	Presenza di difese di sponda per una lunghezza $\leq 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe).
<b>C</b>	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 $> 80\%$ ), aggiungere 12	

**A7: Arginature**

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Tratto	Laterale: Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Rilievo terreno e/o immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>A</b>	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).
<b>B</b>	Presenza di argini vicini e/o a contatto per lunghezza $> 10\%$ della lunghezza totale delle sponde, 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.
<b>C</b>	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.
Nel caso gli argini a contatto interessino il tratto quasi per la sua interezza (ovvero $> 80\%$ ), aggiungere 12	

2.3.2.2.4. Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato**A8: Variazioni artificiali di tracciato**

<b>Scala spaziale</b>	
Longitudinale: Tratto	Laterale: Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Fonti storiche e/o immagini telerilevate	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>A</b>	Assenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato (tagli meandri, spostamenti alveo, ecc.).
<b>B</b>	Presenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato per una lunghezza $\leq 10\%$ della lunghezza del tratto.
<b>C</b>	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)**

<b>Scala spaziale</b>		
<i>Longitudinale:</i> Tratto		<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno		
<b>Tipologia</b>	TUTTI	
<b>A</b>	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.	0
<b>B</b>	Presenza di soglie e/o rampe con densità relativamente bassa, ovvero $\leq 1$ 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.	3
<b>C</b>	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.	6
	Presenza diffusa di rivestimenti: il fondo si presenta rivestito per $>33\%$ del tratto con tipologia impermeabile o per $>50\%$ del tratto con tipologia permeabile	8
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, aggiungere 12		
2) Nel caso i rivestimenti del fondo (sia permeabili che impermeabili) interessino il tratto quasi per la sua interezza (ovvero $>80\%$ ), aggiungere 12		

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

<b>Scala spaziale</b>		
<i>Longitudinale:</i> Tratto		<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Catasto opere, immagini telerilevate, rilievo terreno		
<b>Tipologia</b>	CONFINATI	
<b>A</b>	Evidenze/notizie certe di assenza di interventi di rimozione di sedimenti almeno negli ultimi 20 anni.	
<b>B</b>	Evidenze/notizie certe di rimozioni localizzate negli ultimi 20 anni.	
<b>C</b>	Evidenze/notizie certe di rimozioni diffuse negli ultimi 20 anni.	
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI	
<b>A</b>	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>B</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.	
<b>C</b>	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**

<b>Scala spaziale</b>		
<i>Longitudinale:</i> Tratto		<i>Laterale:</i> Alveo e piana inondabile
<b>Tipo di misura:</b> Raccolta informazioni presso Enti competenti		
<b>Tipologia</b>	TUTTI	
<b>A</b>	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>B</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 < 1m e lasciato in alveo.
<b>C</b>	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 < 1m e lasciato in alveo.

**A12: Taglio della vegetazione in fascia perifluviale**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Sito/Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo, piana inondabile, terrazzi recenti
<b>Tipo di misura:</b> Raccolta informazioni presso Enti competenti e verifica sul sito (ceppaie)	
<b>Tipologia</b>	TUTTI
<b>A</b>	Vegetazione arborea non soggetta ad interventi di taglio (negli ultimi 20 anni).
<b>B</b>	Interventi di taglio selettivo, o tagli a raso ma non direttamente sulle sponde, o tagli a raso sulle sponde per lunghezze < 50 % del tratto (negli ultimi 20 anni).
<b>C</b>	Interventi di taglio raso lungo le sponde per una lunghezza >50% del tratto (negli ultimi 20 anni).

2.3.2.3. *Variazioni morfologiche*

**VI: Variazioni della configurazione morfologica**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate / Analisi GIS	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Non si è verificata una variazione della configurazione morfologica rispetto agli anni '50, con l'alveo che era potenzialmente libero di modificarsi (non fissato planimetricamente).
<b>B</b>	Variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50 oppure assenza di variazioni nel caso di alveo già fissato planimetricamente negli anni '50.

<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Non si è verificata una variazione della configurazione morfologica rispetto agli anni '50, con l'alveo che era potenzialmente libero di modificarsi (non fissato planimetricamente).
<b>B</b>	Variazioni di morfologia tra tipologie contigue rispetto agli anni '50 (Tabella 16).
<b>C</b>	Variazioni tra tipologie non contigue rispetto agli anni '50 (Tabella 4) oppure assenza di variazioni nel caso di alveo già fissato planimetricamente negli anni '50.

**Tabella 16: Definizione delle morfologie contigue e non contigue nelle variazioni di configurazione morfologica**

<b>Morfologia anni '50</b>	<b>Morfologia contigua</b>	<b>Morfologia non contigua</b>
Canale singolo rettilineo	Qualunque altra morfologia a canale singolo o transizionale	Morfologia a canali multipli
Canale singolo sinuoso		
Canale singolo meandriforme		
Transizionale sinuoso a barre alternate	Qualunque altra morfologia	Nessun caso
Transizionale <i>wandering</i>		
Canali multipli a canali intrecciati	Altra morfologia a canali multipli o transizionale	Morfologia a canale singolo
Canali multipli anastomizzato		

**V2: Variazioni di larghezza**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Pianura alluvionale
<b>Tipo di misura:</b> Immagini telerilevate / Analisi GIS	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Variazioni di larghezza nulle o limitate ( $\leq 15\%$ ) rispetto agli anni '50, con l'alveo che era potenzialmente libero di modificarsi (non fissato planimetricamente).
<b>B</b>	Variazioni di larghezza $> 15\%$ rispetto agli anni '50 oppure variazioni nulle o limitate nel caso di alveo già fissato planimetricamente negli anni '50.
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Variazioni di larghezza nulle o limitate ( $\leq 15\%$ ) rispetto agli anni '50, con l'alveo che era potenzialmente libero di modificarsi (non fissato planimetricamente).
<b>B</b>	Variazioni di larghezza moderate (15-35%) rispetto agli anni '50.
<b>C</b>	Variazioni di larghezza intense ( $> 35\%$ ) rispetto agli anni '50 oppure variazioni nulle o limitate nel caso di alveo già fissato planimetricamente negli anni '50.

**V3: Variazioni altimetriche**

<b>Scala spaziale</b>	
<i>Longitudinale:</i> Tratto	<i>Laterale:</i> Alveo
<b>Tipo di misura:</b> Dati pregressi e/o rilievo terreno	
<b>Tipologia</b>	CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Variazioni della quota del fondo trascurabili ( $\leq 0.5$ m).
<b>B</b>	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate ( $\leq 3$ m).
<b>C</b>	Variazioni della quota del fondo intense ( $> 3$ m).
<b>Tipologia</b>	SEMI- NON CONFINATI
<b>Campi di applicazione</b>	SI APPLICA AD ALVEI DI GRANDI DIMENSIONI (LARGHEZZA > 30 M)
<b>A</b>	Variazioni della quota del fondo trascurabili ( $\leq 0.5$ 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>B</b>	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate ( $\leq 3$ m). Alveo inciso: esistono dislivelli tra nuova piana inondabile (quando presente) e terrazzi recenti ma talora non molto evidenti.
<b>C</b>	Variazioni della quota del fondo intense (3 ÷ 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.
	Variazioni della quota del fondo molto intense ( $> 6$ m). Alveo eccezionalmente inciso (in genere 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.

**2.3.3. 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 agli indicatori considerati dei punteggi proporzionali all'importanza che ciascuno di essi assume nella valutazione complessiva, in maniera analoga ad altri metodi utilizzati per classificare altri aspetti dei corsi d'acqua, e largamente utilizzati anche in altri campi della Geologia

Applicata (ad es. vulnerabilità degli acquiferi, classificazione della qualità di ammassi rocciosi, ecc.).

La procedura qui sviluppata, seppure relativamente semplice, include un numero elevato di indicatori. Infatti si è scelto, piuttosto che selezionare pochi fattori ritenuti più significativi, si è ritenuto infatti di procedere in modo da prendere in considerazione tutti gli aspetti necessari per una valutazione complessiva dello stato di alterazione morfologica di un tratto di corso d'acqua, vale a dire consentire 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. Si noti che gli indicatori relativi alla funzionalità richiedono in una certa misura un livello interpretativo di forme e processi morfologici (ovvero uso di indicatori qualitativi), piuttosto che essere basati sulla misura di determinati parametri.

Tabella 17: Punteggi relativi agli indicatori di funzionalità.

CATEGORIE	FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA		A	B	C
<b>Continuità</b>	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
<b>Morfologia Configurazione morfologica</b>	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
Configurazione sezione	F9	Variabilità della sezione	0	3	5
Struttura e substrato alveo	F10	Struttura del substrato	0	5	6
	F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	0		3
<b>Vegetazione fascia perifluviale</b>	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 18: Punteggi relativi agli indicatori di artificialità.

ARTIFICIALITÀ		A	B	C		
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte</b>						
A1	Opere di alterazione delle portate liquide formative	0	3	6		
A2	Opere di alterazione delle portate solide	0	3	6	9	12
<b>Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto</b>						
A3	Opere di alterazione delle portate liquide formative	0	3	6		
A4	Opere di alterazione delle portate solide	0	4	6		
A5	Opere di attraversamento	0	2	3		
<b>Opere di alterazione della continuità laterale</b>						
A6	Difese di sponda	0	3	6		
A7	Arginature	0	3	6		
<b>Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato</b>						
A8	Variazioni artificiali di tracciato	0	2	3		
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	0	3	6	8	
<b>Interventi di manutenzione e prelievo</b>						
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 19: Punteggi relativi agli indicatori di variazioni morfologiche

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

I **principali criteri di attribuzione dei punteggi** sono i seguenti:

- I punteggi attribuiti ai vari attributi sono numeri interi non negativi.
- 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 attributo. 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 attributo e mantenendo relativamente costanti i rapporti tra Funzionalità, Artificialità e Variazioni morfologiche al variare delle tipologie fluviali.

La somma dei punteggi relativi a tutti gli attributi fornisce una misura dello **scostamento**. Si definisce di conseguenza l'**Indice di Alterazione Morfologica (IAM)** come valore normalizzato dello scostamento rispetto al massimo scostamento possibile per la tipologia fluviale in esame. Tale indice può pertanto variare tra 0 (scostamento nullo ovvero corso d'acqua coincidente con condizioni di riferimento) ed un valore massimo di 1 (scostamento massimo ovvero corso d'acqua completamente alterato). Equivalentemente, è possibile definire 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'*IAM* (o equivalentemente dell'*IQM*), si definiscono infine le **classi di qualità morfologica**.

*Tabella 20: Classi di qualità morfologica.*

<i>IQM</i>	<b>CLASSE DI QUALITÀ</b>
$0.0 \leq IQM < 0.3$	<b>CATTIVO</b>
$0.3 \leq IQM < 0.5$	<b>SCARSO</b>
$0.5 \leq IQM < 0.7$	<b>MODERATO</b>
$0.7 \leq IQM < 0.85$	<b>BUONO</b>
$0.85 \leq IQM < 1.0$	<b>ELEVATO</b>

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, meandriiformi, a canali intrecciati, ecc.) e di varie situazioni di antropizzazione (da corsi d'acqua relativamente naturali a fortemente antropizzati).

Si sottolinea infine il fatto che, per la sua struttura in categorie, è possibile calcolare gli scostamenti parziali relativi alle varie categorie *Continuità*, *Morfologia* (a sua volta suddivisibile in *Configurazione morfologica*, *Configurazione della sezione* e *Substrato*) e *Vegetazione*, in modo da individuare quali siano le maggiori criticità nel caso di un corso d'acqua alterato.

## 2.4 MONITORAGGIO MORFOLOGICO

### 2.4.1. Tipi di monitoraggio morfologico

Si possono distinguere **due metodologie di monitoraggio**:

- (1) **Monitoraggio non strumentale**: consiste nella ripetizione periodica della procedura di valutazione dello stato morfologico attuale (si veda il paragrafo 2.3). Oltre ad un nuovo rilievo sul terreno ed all'eventuale aggiornamento degli elementi artificiali, esso richiede possibilmente l'analisi di nuove immagini ai fini di poter aggiornare la valutazione delle variazioni morfologiche. Tale monitoraggio può permettere di individuare se ci sia un mantenimento delle condizioni morfologiche o se esistano dei segnali di un 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, come ovvio, è più oneroso del precedente ma può consentire di analizzare in maniera più approfondita le cause ed i trend di aggiustamento morfologico in atto.

Nella Tabella 21 si riportano sinteticamente le metodologie di monitoraggio e le relative frequenze spaziali associabili ad ognuno dei tipi di monitoraggio previsti dalla Direttiva (WFD).

*Tabella 21: Tipi di monitoraggio ai fini della WFD e relative metodologie applicabili.*

<b>Tipo di monitoraggio per WFD</b>	<b>Metodologia di monitoraggio morfologico</b>	<b>Frequenza spaziale</b>
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

### 2.4.2. Monitoraggio strumentale

#### 2.4.2.1. Impostazione generale del programma di monitoraggio

In Tabella 22 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 devono 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 23.

Riguardo alla **scala spaziale**, per gli elementi naturali, vengono adottate le due strategie di rilievo (da telerilevamento o da osservazioni e misure sul terreno), scegliendo tra le due quella che più si adatta al tipo di parametri misurati. In

particolare, quindi, le misure da immagini telerilevate con strumenti GIS vengono effettuate in continuo alla scala del **tratto**; le misure e osservazioni sul terreno vengono effettuate su un **sito** di campionamento, scelto come rappresentativo del tratto; 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 che sono significativi ai fini della continuità longitudinale (briglie, dighe, traverse), occorre fare riferimento alle opere presenti anche nei tratti a monte.

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 è destinata ad aumentare. Questo vale almeno per i fiumi di una certa dimensione, per i quali la risoluzione delle immagini da satellite potrà considerarsi sufficientemente adeguata per i parametri di interesse.

**Tabella 22: Aspetti idromorfologici ed elementi artificiali da monitorare.**

Paragrafo	Categorie	Aspetti idromorfologici	Elementi artificiali
2.4.2.2.1	Continuità (longitudinale e laterale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portate formative</li> <li>- Estensione laterale e continuità longitudinale di piana inondabile attiva</li> <li>- Lunghezza sponde in arretramento e tassi di arretramento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> <li>- Nuovi argini (ubicazione, lunghezza e distanza dalle sponde)</li> <li>- Nuove difese di sponda (ubicazione e lunghezza)</li> <li>- Riduzioni di spazio nella fascia potenzialmente erodibile a seguito di variazioni di uso del suolo e/o realizzazione di nuovi insediamenti o infrastrutture</li> </ul>
2.4.2.2.2	Configurazione morfologica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indici di sinuosità, di intrecciamento e di anastomizzazione</li> <li>- Lunghezza ed estensione di barre ed isole</li> <li>- Configurazione morfologica complessiva</li> <li>- Pendenza del fondo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> </ul>
2.4.2.2.3	Configurazione sezione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Larghezza</li> <li>- Profondità</li> <li>- Rapporto larghezza/profondità</li> <li>- Variazione di quota del fondo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuove opere longitudinali e trasversali che possono modificare la larghezza e/o profondità (si vedano casi precedenti) o nuovi interventi (escavazioni)</li> </ul>
2.4.2.2.4	Struttura e substrato alveo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometria del letto</li> <li>- Corazzamento e <i>clogging</i></li> <li>- Abbondanza materiale legnoso di grandi dimensioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuove opere con effetti su struttura e substrato del fondo (soglie o altre modificazioni di substrato) o interventi (escavazioni e/o rimodellamento, rimozione legname)</li> </ul>
2.4.2.2.5	Vegetazione nella fascia perfluviale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caratteristiche della vegetazione (ampiezza ed estensione lineare delle formazioni funzionali presenti nella fascia perfluviale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alterazione delle caratteristiche della vegetazione presente nella fascia perfluviale (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</li> </ul>

**Tabella 23: Metodologie e scansione spaziale per il monitoraggio strumentale degli aspetti morfologici. G: di grandi dimensioni (larghezza > 30 m).**

Paragrafo	Elemento morfologico	Metodo di rilevamento / misura e relativa scala spaziale	Tipologia corso d'acqua
2.4.2.2.1.1	Portate liquide	- Misure idrometriche in corrispondenza di stazioni di misura esistenti (in continuo)	- Tutti
2.4.2.2.1.2	Estensione laterale e continuità piana inondabile	- Telerilevamento (tratto)	- Solo corsi d'acqua non confinati o semiconfinati
2.4.2.2.1.3	Lunghezza sponde in arretramento e tassi di arretramento	- Telerilevamento (tratto)	- Solo corsi d'acqua non confinati o semiconfinati
2.4.2.2.2.1	Indice di sinuosità	- Telerilevamento o misura terreno (corsi d'acqua piccole dimensioni) (tratto)	- Tutti esclusi a canali intrecciati
2.4.2.2.2.2	Indice di intrecciamento	- Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (solo sito)	- Tutti esclusi a canale singolo
2.4.2.2.2.3	Indice di anastomizzazione	- Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (solo sito)	- Tutti esclusi a canale singolo
2.4.2.2.2.4	Morfometria di barre e isole	- Telerilevamento (tratto)	- Solo corsi d'acqua G
2.4.2.2.2.5	Configurazione morfologica	- Telerilevamento (tratto) - Misura terreno (sito e/o tratto)	- Solo corsi d'acqua G - Tutti
2.4.2.2.2.6	Pendenza del fondo	- Rilievo profilo fondo, possibilmente esteso dal sito al tratto	- Tutti
2.4.2.2.3.1	Larghezza alveo	- Telerilevamento (tratto) - Rilievo sezioni (sito)	- Solo corsi d'acqua G - Tutti
2.4.2.2.3.2	Profondità alveo	- Rilievo sezioni: 2 o 3 sezioni nel sito (preferibilmente estremità monte, centro, estremità valle)	- Tutti
2.4.2.2.3.3	Rapporto larghezza / profondità	- Da valori misurati in base a rilievo sezioni (sito)	- Tutti
2.4.2.2.3.4	Variazione di quota del fondo	- Rilievo profilo fondo esteso dal sito all'intero tratto	- Tutti
2.4.2.2.4.1	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
2.4.2.2.4.2	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
2.4.2.2.4.3	Abbondanza materiale legnoso di grandi dimensioni	- Conteggio sul terreno (sito) - Telerilevamento (sito)	- Alvei a canale singolo - Corsi d'acqua G transizionali – canali intrecciati
2.4.2.2.5.1	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	- Telerilevamento (tratto)	- Tutti
2.4.2.2.5.2	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	- Telerilevamento (tratto)	- Tutti

Di seguito vengono brevemente descritte le procedure ed i metodi per il monitoraggio degli aspetti morfologici secondo l'ordine schematizzato nelle precedenti Tabella 22 e Tabella 23.

#### 2.4.2.2. Monitoraggio degli elementi morfologici naturali

##### 2.4.2.2.1. Continuità

In questa categoria sono comprese: la continuità longitudinale e la continuità laterale.

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).

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.

##### 2.4.2.2.1.1. 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** ( $q_{med}$ ): ricavata sulla base delle portate giornaliere registrate nell'arco dell'anno;
- **portata al colmo massima annuale**: 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).

##### 2.4.2.2.1.2. Estensione e continuità piana inondabile

Si fa riferimento alla seguente terminologia:

- **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 normalmente non più soggetto ad inondazione;
- **Piana inondabile**: se non diversamente specificato, si intende la piana inondabile in s.s. o attiva o piana inondabile per  $T=1-3$  anni, cioè solo quella superficie formata 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  $T > 3$  anni.
- **Piana inondabile con  $T=n$  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  $n > 3$  si tratta normalmente di un terrazzo recente).

Si definiscono le seguenti due grandezze:

- **Estensione laterale di piana inondabile (EI)**: rappresenta la larghezza media nel tratto di studio di piana inondabile e terrazzi recenti bassi.

- **Continuità longitudinale di piana inondabile (CI)**: è la lunghezza di alveo (in percentuale) interessata dalla presenza di piana inondabile e terrazzi recenti bassi.

La misura di tali parametri viene effettuata, per alvei grandi dimensioni (larghezza >30 m), attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate, integrate da controlli sul terreno.

#### 2.4.2.2.1.3. Sponde in arretramento

Si definiscono 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 di arretramento delle sponde nel tratto.

La misura di tali parametri viene effettuata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi in ambiente GIS di immagini telerilevate. Per quanto riguarda il tasso di arretramento delle sponde, è possibile effettuare questa misura a partire dal secondo volo aereo disponibile dall'inizio del monitoraggio.

#### 2.4.2.2.2. Configurazione morfologica

##### 2.4.2.2.2.1. Indice di sinuosità

L'**indice di sinuosità (Is)** è definito come il rapporto tra lunghezza misurata lungo il corso d'acqua e lunghezza misurata lungo la valle (adimensionale).

##### 2.4.2.2.2.2. Indice di intrecciamento

L'**indice di intrecciamento (Ii)** è definito come il numero di canali attivi.

##### 2.4.2.2.2.3. Indice di anastomizzazione

L'**indice di anastomizzazione (Ia)** si definisce come il numero di canali separati da isole fluviali.

##### 2.4.2.2.2.4. 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 (in percentuale) interessata dalla presenza di barre laterali (comprese le barre di meandro).

- **Lunghezza delle barre longitudinali (Iblo)**: è la lunghezza di alveo (in percentuale) interessata dalla presenza di barre longitudinali.

- **Area delle isole (Ai)** (in m<sup>2</sup>).

La misura di tali parametri viene effettuata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi GIS di immagini telerilevate.

##### 2.4.2.2.2.5. 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 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 dall'osservazione sul terreno di una variazione della configurazione del fondo.

#### 2.4.2.2.2.6. 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. La misura della pendenza va effettuata attraverso il rilievo del profilo del fondo (vedi paragrafo 2.4.2.2.3.4). Per ottenere una stima significativa della pendenza media del fondo 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 (ad es. a canali intrecciati) tale distanza può ridursi fino ad un massimo di 10 volte la larghezza.

#### 2.4.2.2.3. Configurazione della sezione

##### 2.4.2.2.3.1. 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. La **larghezza dell'alveo** ( $L$ ) è quindi misurabile una volta delimitato l'alveo. La misura viene effettuata, per alvei di grandi dimensioni (larghezza > 30 m), attraverso analisi GIS di immagini telerilevate su un certo numero significativo di sezioni ricavando un valore medio per il tratto. La misura della larghezza dell'alveo non comprende le eventuali isole fluviali presenti. In tali casi, è utile misurare anche la **larghezza totale dell'alveo** o **larghezza dell'alveo con isole** ( $L_t$ ) con le stesse modalità.

Le misure di larghezza vengono effettuate anche sul terreno in corrispondenza delle sezioni utilizzate anche per la misura della profondità (vedi paragrafo 2.4.2.2.3.2).

##### 2.4.2.2.3.2. Profondità alveo

Si tratta della **profondità** ( $P$ ) 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). Le variazioni temporali di profondità della sezione di alveo pieno sono attribuibili a processi di incisione o sedimentazione. La misura avviene esclusivamente sul terreno, attraverso il rilievo topografico di sezioni trasversali e l'identificazione su di esse del livello ad alveo pieno. E' opportuno identificare 3 sezioni rappresentative nel sito di monitoraggio, poste a distanza compresa tra 0.5 e 2 volte la larghezza dell'alveo e disposte all'incirca ortogonalmente rispetto all'asse dell'alveo. Si procede quindi al calcolo della profondità, distinguendo:

- **profondità massima** ( $P_{max}$ ): è data dalla differenza tra livello ad alveo pieno e quota minima del fondo.

- **profondità media** ( $P_{med}$ ): si può determinare:

- (1) differenza tra la quota del livello di *bankfull* e la quota media del fondo;
- (2) rapporto tra area della sezione e larghezza.

##### 2.4.2.2.3.3. 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 attivo e profondità media. Il calcolo di tale rapporto deriva direttamente dal rapporto delle misure della larghezza e della profondità media, ricavate dai rilievi sul terreno delle sezioni.

#### 2.4.2.2.3.4. Variazione di quota del fondo

La **variazione di quota del fondo** ( $\Delta Q_f$ ) è la grandezza più direttamente associabile 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 (vedi paragrafo 2.4.2.2.3.2), 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 meno alla scala del tratto, in quanto la scala del sito può risentire di situazioni localizzate. 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 paragrafo 2.4.2.2.3.2). Il profilo di fondo medio è infatti ritenuto più significativo per la determinazione delle tendenze evolutive altimetriche rispetto al profilo del massimo fondo.

#### 2.4.2.2.4. Struttura e substrato dell'alveo

##### 2.4.2.2.4.1. 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. La misura delle granulometrie del fondo richiede metodologie differenziate a seconda delle dimensioni dei sedimenti e delle condizioni 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 peso del campione da analizzare si stabilisce in base alla dimensione massima delle particelle presenti. 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. E' utile tuttavia analizzare anche i percentili  $D_{16}$  e  $D_{84}$  e l'eterogeneità granulometrica indicata dalla deviazione standard.

##### 2.4.2.2.4.2. 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** ( $G_{cor}$ ) può essere 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 grado di 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. Sulla base delle analisi granulometriche dei due campioni si procede quindi al calcolo del grado di corazzamento.

Per quanto riguarda il **clogging** (o **embeddedness**), 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. 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.

#### 2.4.2.2.4.3. Abbondanza di materiale legnoso di grandi dimensioni

Il materiale legnoso di grandi dimensioni (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 identificato con la **densità di LW** ( $N_{LW}$ ), le cui variazioni nel tempo possano 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. Vengono effettuati due 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.

Le misure possono essere limitate ai LW presenti all'interno dell'alveo attivo. Successivamente è necessario stimare (in GIS) l'area dell'alveo attivo indagata, attraverso la quale si ricavano i due seguenti parametri:

- **Densità singoli LW** ( $D_{SLW}$ ): numero di singoli tronchi con dimensioni al di sopra di quelle minime diviso l'area del sito di indagine;
- **Densità accumuli LW** ( $D_{ALW}$ ): 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.

#### 2.4.2.2.5. 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).

#### 2.4.2.2.5.1. Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

Attraverso l'**Ampiezza delle formazioni (Af)** si valuta l'ampiezza complessiva media (in m) nel tratto della fascia di vegetazione funzionale (arborea, arbustiva ed a idrofite).

#### 2.4.2.2.5.2. Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde

Attraverso l'**Estensione lineare delle formazioni (Ef)** 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.

#### 2.4.2.3. 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.

**Tabella 24: Elementi artificiali da monitorare divisi per categorie.**

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

Gli elementi artificiali sono definiti in funzione dei cinque aspetti trattati per gli elementi naturali, secondo l'elenco riportato in Tabella 24.

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

##### 2.4.2.3.1. Dighe

Si tratta delle opere di maggiore impatto sulla continuità delle portate liquide e solide. E' 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.

#### 2.4.2.3.2. 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).

E' necessario conoscere:

- (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. E' 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.

#### 2.4.2.3.3. 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.

E' 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.

#### 2.4.2.3.4. 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 ridurre 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 (<1-2 m), comprese le rampe in massi.

E' 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.

#### 2.4.2.3.5. 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). E' 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.

#### 2.4.2.3.6. Difese di sponda

Comprendono sia le opere di tipo longitudinale che i pennelli. E' 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).

#### 2.4.2.3.7. Arginature

E' 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.

#### 2.4.2.3.8. 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. E' 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. E' 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.

#### 2.4.2.3.9. 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'inviluppo 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 (ad es. 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).

#### 2.4.2.3.10. 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.

E' necessario determinare:

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

#### 2.4.2.3.11. 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.). E' 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 (a tal fine si rimanda al rilievo delle sezioni e della quota del fondo, paragrafi 2.4.2.2.3.1 e 2.4.2.2.3.4);
- (4) volume di sedimenti rimossi;
- (5) anno dell'intervento.

#### 2.4.2.3.12. Interventi di rimozione del materiale legnoso in alveo

E' 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;

anno dell'intervento.

Tali informazioni sono importanti in sede di interpretazione delle modifiche dell'abbondanza di legname nel tratto, per le quali si rimanda al paragrafo 2.4.2.2.4.3.

#### 2.4.2.3.13. 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 perifluviali (ad esempio ingresso o incremento della presenza di specie esotiche).

Il complesso delle alterazioni viene comunque rilevato ai paragrafi 2.4.2.2.5.1 e 2.4.2.2.5.2, 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 perifluviale, i dati da reperire sono:

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

## 3. RIFERIMENTI

### 3.1 BIBLIOGRAFIA

#### 3.1.1. Regime idrologico

- 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](http://iahs.info/hsj/400/hysj_40_04_0499.pdf)
- 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>
- The Nature Conservancy, 2007, *IAH - Indicators of Hydrologic Alteration - Version 7 – User’s Manual*
- CEDEX, 2008, IAHRIS, *Indice de Alteración Hidrológica en Ríos*, Manual de Referencia Metodológica
- 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
- 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*
- Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, 1997, *Norme tecniche per la raccolta e l’elaborazione dei dati idrometeorologici*, parte II -Roma
- Arpa Emilia Romagna 2008, *Ottimizzazione della rete di monitoraggio delle portate idriche nei corsi d’acqua della Regione Emilia-Romagna*, Servizio Idrometeorologico, Area Idrologia
- High-resolution in situ monitoring of flow between aquifers and surface waters” - Science Report SC030155/SR4 Environment Agency UK, 2005 e “Groundwater–surface water interactions in the hyporheic zone” Science Report SC030155/SR1, Environment Agency UK, 2005

#### 3.1.2. Condizioni morfologiche

- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M., 2009, *Manuale tecnico operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d’acqua. Versione 0 settembre 2009*, Manuale ISPRA





**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](http://www.isprambiente.it)**