



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e
Ambiente (Di3A)

Sezione Idraulica e Sistemazioni Idraulico Forestali

Salvatore Marcello Muratore

**LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ E DELLA DINAMICA
MORFOLOGICA DEI CORSI D'ACQUA:
APPLICAZIONE AL FIUME DITTAINO
(SICILIA ORIENTALE)**

***Dottorato di Ricerca in Ingegneria
Agraria - XXVIII ciclo***

COORDINATORE: Prof. Simona Consoli

TUTOR: Prof. Giuseppe Luigi Cirelli



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
*Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e
Ambiente (Di3A)*
Sezione Idraulica e Sistemazioni Idraulico Forestali

Salvatore Marcello Muratore

***LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ E DELLA DINAMICA
MORFOLOGICA DEI CORSI D'ACQUA:
APPLICAZIONE AL FIUME DITTAINO
(SICILIA ORIENTALE)***

***DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA
AGRARIA - XXVIII CICLO***

COORDINATORE: Prof. Simona Consoli

TUTOR: Prof. Giuseppe Luigi Cirelli

Dicembre 2016

Indice

1 INTRODUZIONE	1
1.1 Premessa	1
1.2 Obiettivi	4
1.3 Articolazione del lavoro	7
2 CONCETTI DI GEOMORFOLOGIA FLUVIALE	11
2.1 Caratteristiche del sistema fluviale	11
2.2 Classificazione degli alvei fluviali	14
2.3 Variazioni morfologiche	18
3 SISTEMA DI VALUTAZIONE IDROMORFOLOGICA ANALISI E MONITORAGGIO DEI CORSI D'ACQUA "IDRAIM"	21
3.1 Norme di attuazione	23
3.1.1 La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE	23
3.1.2 La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE	27
3.2 Caratteristiche strutturali	29
3.3 Scale spazio-temporali	30
4 ARTICOLAZIONE DEL SISTEMA	35
4.1 Fase 1 Caratterizzazione del sistema fluviale	36
4.2 Fase 2 Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali	57
4.3 Fase 3 Tendenze future	77
4.4 Fase 4 Gestione dei corsi d'acqua	81

5 MATERIALI E METODI PER L'APPLICAZIONE DEL SISTEMA	83
5.1 Materiali	83
5.1.1 GIS, Foto aeree e immagini satellitari	83
5.1.2 Schede di valutazione IQM	85
5.1.3 Schede di valutazione IDM	99
5.2 Metodologia di elaborazione FASE 1	
“Caratterizzazione del sistema fluviale”	108
5.2.1 Inquadramento generale del bacino (sottofase 1)	108
5.2.2 Suddivisione spaziale del reticolo geografico (sottofase 2)	115
5.3 Metodologia di elaborazione FASE 2	
“Analisi della evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali”	124
5.3.1 Analisi dell'evoluzione passata (Sottofase 1)	124
5.3.2 Valutazione della qualità morfologica (Sottofase 2)	126
5.3.3 Valutazione della Dinamica Morfologica (Sottofase 3)	129
6 RISULTATI E DISCUSSIONI	133
6.1 Valutazione della qualità e della dinamica morfologica sui segmenti del Fiume Dittaino	133
6.1.1 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Torrente Crisa (Cod. segmento R 1909435)	145
6.1.2 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) del Torrente Mulinello (Cod. segmento R 1909422)	163
6.1.3 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) del Torrente Calderari (Cod. segmento R 1909421)	180

6.1.4	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Fiume Dittaino/Bozzetta (Cod. segmento R 1909420)	197
6.1.5	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Vallone Salito (Cod. segmento R 1909419)	214
6.1.6	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) - Fiume Dittaino (Cod. segmento R 1909418)	232
6.1.7	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Vallone della Tenutella (Cod. segmento R 1909417)	249
6.1.8	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Fiume Dittaino (Cod. segmento R1909416)	265
6.1.9	Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Fiume Dittaino (Cod. Segmento R1909415)	282
6.2	Discussione sui risultati ottenuti per il fiume Dittaino	299
7	CONCLUSIONI	313
	Bibliografia	317
	Elenco Figure	325
	Elenco Tabelle	331

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La geomorfologia si sta confermando sempre più come scienza fondamentale per comprendere i processi legati all'ambiente fluviale in quanto le forme del territorio interagiscono e influenzano gli habitat e gli ecosistemi fluviali. I corsi d'acqua rappresentano sistemi complessi e dinamici, le cui caratteristiche si evolvono nel tempo e nello spazio (AA.VV., 2009; AA.VV., 2012). Un metodo con basi morfologico - sedimentarie per l'analisi dei corsi d'acqua inizia dalle forme e dai processi rilevabili su di un corso d'acqua, al fine di interpretare le trasformazioni che lo stesso hanno subito nel tempo ed identificare le cause, definendo le tendenze evolutive (D'Agostino *et al.*, 2000; Rinaldi 2006; Rinaldi e Simoncini, 2006). L'implementazione e la sperimentazione di metodologie adeguate alla verifica della qualità dei corsi d'acqua sotto l'aspetto morfologico, degli impatti ambientali e delle ricadute sociali ed economiche degli interventi sistematori dei corsi d'acqua, rappresenta un tema di ricerca scientifica rilevante nell'ambito dei processi di tutela a scala territoriale.

Negli ultimi decenni si è ravvisata sempre più in maniera specifica l'esigenza di strumenti idonei a valutare le condizioni morfologiche e il grado di alterazione dei corsi d'acqua, allo scopo di coadiuvare la programmazione e pianificazione degli interventi necessari per attuare idonee strategie di tutela e misure da adottare per una corretta gestione del territorio (Regione Piemonte, 2008).

In tale contesto, è stata emanata dall'U.E. la Direttiva Quadro "Acque" (*Water Framework Directive, WFD - European Commission, 2000*), che ha stabilito di classificare i corsi d'acqua sulla base della loro

qualità ecologica. Nella Direttiva “Acque” gli aspetti idromorfologici, insieme con quelli chimico-fisici e biologici, diventano oggetto di osservazione e valutazione. Occorre rilevare come gli aspetti geomorfologici e gli equilibri dinamici influenzano l’eterogeneità dei diversi habitat e il funzionamento degli ecosistemi acquatici (CIRF 2006). In considerazione della mancanza di una metodologia atta a valutare l’elemento idromorfologico in ambito nazionale, tra quelle esistenti a livello internazionale, l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.) ha definito un Sistema di Valutazione Idromorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d’acqua (IDRAIM). Tale sistema costituisce una procedura sistematica e strutturata in grado di fare fronte ai vari aspetti geomorfologici e a integrazione di altri elementi (idrologia, ecologia, ecc...). Il suo concepimento intende fornire una base scientifica e informativa nella gestione integrata dei corsi d’acqua, in funzione degli obiettivi di qualità e sicurezza, fornendo un valido supporto in ottemperanza a quanto richiamato nella Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Acque) e Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni). Tra gli aspetti di notevole peso nell’ambito della geomorfologia fluviale rientrano le modificazioni dinamiche assunte dai corsi d’acqua quale conseguenza dei fenomeni di alterazione che interessano i nostri territori. Con riferimento agli interventi di sistemazioni idrauliche agrarie e forestali, lo stato ecologico dei corsi d’acqua e la valutazione delle loro condizioni morfologiche meritano un’attenzione sempre più particolare nella pianificazione degli interventi di medio e lungo periodo (Gisotti, 2006). L’implementazione di metodologie di valutazione e previsione degli impatti idromorfologici prodotti sull’ambiente risulta sempre più integrata agli interventi di gestione e programmazione su una scala territoriale a livello di bacino.

La procedura del Sistema IDRAIM (indicato di seguito come “Sistema”) nel suo complesso prevede una prima fase di caratterizzazione dell’ambiente fluviale, una successiva fase di valutazione della qualità morfologica, espressa dall’Indice di Qualità Morfologica (IQM) e di valutazione della dinamica morfologica, con l’applicazione dell’Indice di Dinamica Morfologica (IDM). Inoltre, nel Sistema sono approntate altre metodologie che si riferiscono alla valutazione della dinamica morfologica, quali la Classificazione di Dinamica di Evento (CDE) e le fasce di dinamica fluviale (Rinaldi *et al.*, 2013). Un’analisi morfologica include gli aspetti idrologici collegati alle alterazioni delle portate formative, ritenute cioè significative sui processi geomorfologici e in grado di determinare la forma dell’alveo. Il sistema prevede infine una valutazione delle tendenze evolutive tramite monitoraggio degli elementi morfologici ed una eventuale gestione dei corsi d’acqua sulla base delle conoscenze acquisite.

Le variazioni complessive del regime idrologico sono descritte nel manuale redatto da ISPRA (2009), l’analisi del regime idrologico è effettuata in conformità a un Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI), che implementa la Direttiva 2000/60/CE e fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico osservato rispetto a quello naturale in assenza di pressioni antropiche. L’integrazione tra aspetti morfologici e idrologici consente in modo più esatto la caratterizzazione e classificazione idromorfologica globale di un corso d’acqua.

1.2 Obiettivi

Gli obiettivi generali del presente lavoro riguardano l'applicazione del sistema IDRAIM messo a punto dall'I.S.P.R.A. (Rinaldi *et al.*, 2014), a partire dalla Fase 1, relativa alla caratterizzazione del sistema fluviale, fino a giungere alla Fase 2, che comprende al suo interno l'evoluzione passata e la valutazione delle condizioni attuali, che si esplicano attraverso l'implementazione del Sistema per la valutazione della qualità morfologica e della dinamica morfologica. Tale attività di ricerca è stata svolta nell'ambito di un più ampio lavoro condotto dalla Sezione di Idraulica e Sistemazioni idraulico forestali del Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A). Le attività di ricerca sono state condotte su un bacino idrografico siciliano il cui reticolo idrografico, suddiviso in segmenti (macrotratti) già codificati in ambito regionale, è stato ulteriormente suddiviso in tratti omogenei secondo il Sistema IDRAIM, con la finalità di compiere l'analisi e la valutazione degli impatti prodotti dagli interventi antropici e delle altre cause responsabili della variazione morfologica dei tratti dei corsi d'acqua, procedendo con le valutazioni relative di Qualità e Dinamica (D'Agostino *et al.*, 2000; Rinaldi 2006).

La ricerca ha pertanto consentito l'applicazione del sistema alla realtà territoriale dell'isola, valutando lo stato ecologico dei corsi d'acqua osservati e valutando le condizioni allo stato attuale, con l'applicazione del sistema concepito inizialmente per esprimere una valutazione della qualità morfologica ed ecologica dei corpi idrici superficiali e successivamente integrato per la valutazione della dinamica morfologica. Tra gli obiettivi specifici perseguiti si è voluto raggiungere il risultato di implementare il Sistema nell'ambiente locale, si è inteso così sperimentare la metodologia di

valutazione tenendo conto della specificità degli ambienti mediterranei e delle tecniche di sistemazione idrauliche, agrarie e forestali riscontrate.

Il lavoro di ricerca ha consentito di analizzare sia la qualità che la dinamica morfologica dei corsi d'acqua in ambienti diversi da quelli dove il Sistema è stato concepito. Tale attività ha permesso di compiere delle esperienze operative e di esprimere un giudizio tecnico sui corsi d'acqua analizzati, evidenziando alcune tendenze evolutive che gli stessi presentano, determinando l'evoluzione dinamica nel corso degli anni e valutando le variazioni di dinamica morfologica secondo quanto previsto nel Sistema stesso. Nei tratti dei corsi d'acqua analizzati ubicati nel bacino del Simeto, sottobacino Fiume Dittaino-Salito e nei suoi affluenti, collocati nelle province di Enna e Catania in zona montana e di pianura, si è proceduto quindi ad una puntuale applicazione del Sistema e ad una valutazione sia dell'indice di qualità morfologica (IQM) che dell'Indice di Dinamica Morfologica (IDM), esaminando i risultati globali ottenuti con modelli di analisi che hanno permesso una interpretazione oggettiva dei dati ottenuti.

Un'analisi degli impatti e delle criticità rilevate nel corso delle attività per un'eventuale applicazione di soluzioni alternative, attuabili nelle Fasi 3 e 4 del Sistema inerenti al monitoraggio morfologico ed alla gestione dei corsi d'acqua, potrà consentire, in un futuro sviluppo dell'utilizzo del Sistema, di avere uno strumento che venga testato e diventi in grado di supportare le scelte di tecniche e modelli progettuali appropriati.

Un altro obiettivo specifico prefissato dal Sistema è quello di riconoscere le condizioni che definiscono l'equilibrio naturale del corso d'acqua e valutare quali siano gli impatti che tendono a distanziarlo dallo stato di equilibrio per la realtà ove è stato applicato (Surian *et al.*, 2009). L'applicazione dell'indice di qualità morfologica (IQM) e dell'indice di dinamica morfologica (IDM), può fornire informazioni dettagliate sulla

dinamica di canale idonea a definire le aree del corridoio fluviale interessate da dinamiche morfologiche che possono essere utilizzati quali modelli evolutivi ai fini progettuali. Nella Figura 1.1 sono sintetizzati gli obiettivi generali e specifici del lavoro effettuato.

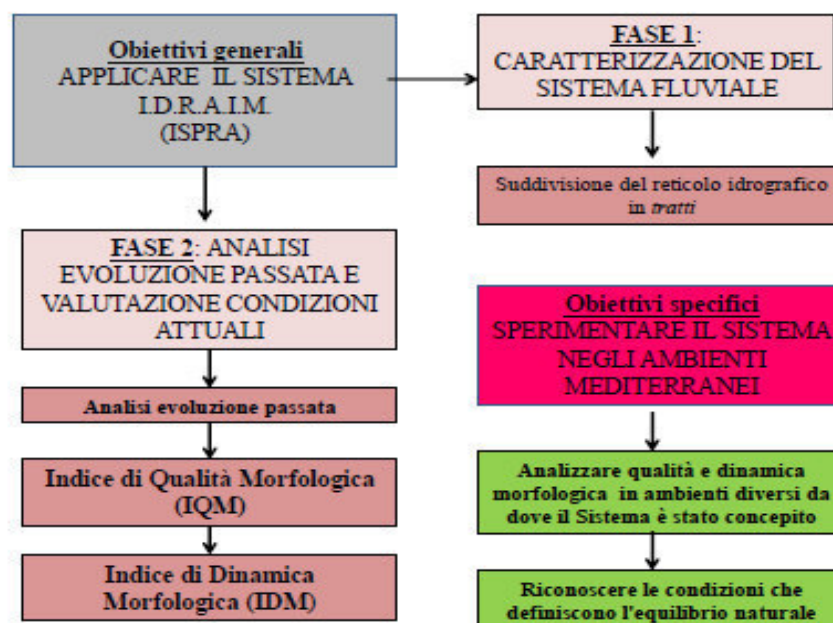


Figura 1.1 – Obiettivi generali e specifici dell’attività di ricerca.

L’aspetto della sperimentazione e della contemporanea implementazione del sistema di valutazione dell’efficienza ecologica dei corsi d’acqua sotto l’aspetto idromorfologico, che preveda la valutazione della dinamica morfologica quale supporto alla mappatura della pericolosità morfologica, rappresenta una importante base per la progettazione e la successiva realizzazione di interventi di difesa e riequilibrio ambientale (Barbano *et al.*, 2012; CIRF, 2006).

1.3 Articolazione del lavoro

Con la finalità di chiarire i temi di ricerca trattati nel corso delle attività di dottorato, nella dissertazione vengono esposte nella prima parte alcune nozioni fondamentali di geomorfologia e le informazioni normative che hanno rappresentato la base per la realizzazione del sistema di Valutazione IDRAIM. Il Sistema verrà di seguito illustrato ed analizzato nelle sue 4 fasi, negli STEP e nelle sottofasi previste, con un dettagliato approfondimento per le Fasi 1 e 2, oggetto della ricerca effettuata.

La prima parte dell'elaborato descrive l'articolazione del Sistema, le metodologie applicative ed i materiali utilizzati, con una spiegazione puntuale degli elementi che lo costituiscono. Nella seconda parte dell'elaborato si descrive l'applicazione del Sistema a un caso studio, con la descrizione delle valutazioni e delle procedure eseguite, infine si passa all'analisi e osservazione dei risultati ottenuti. L'applicazione effettuata ha riguardato la Caratterizzazione del sistema fluviale (Fase 1 Sistema IDRAIM) e l'analisi dell'evoluzione passata e la Valutazione dello stato attuale (Fase 2 Sistema IDRAIM), suddivisa nelle tre sottofasi nell'ambito delle quali assumono maggiore importanza ai fini del presente lavoro la Valutazione della qualità morfologica e la Valutazione della dinamica morfologica. Nella Figura 1.2 è stato rappresentato un diagramma di flusso relativo all'articolazione del lavoro espletato. Occorre precisare che alcune attività del lavoro di ricerca sono state eseguite in collaborazione con il Dipartimento delle acque e rifiuti della Regione siciliana – Osservatorio delle acque di Catania - nell'ambito delle attività scientifiche svolte a seguito della “Convenzione per studi applicativi e ricerche volti alla realizzazione del Sistema Informativo idromorfologico” già stipulata con il Di3A.

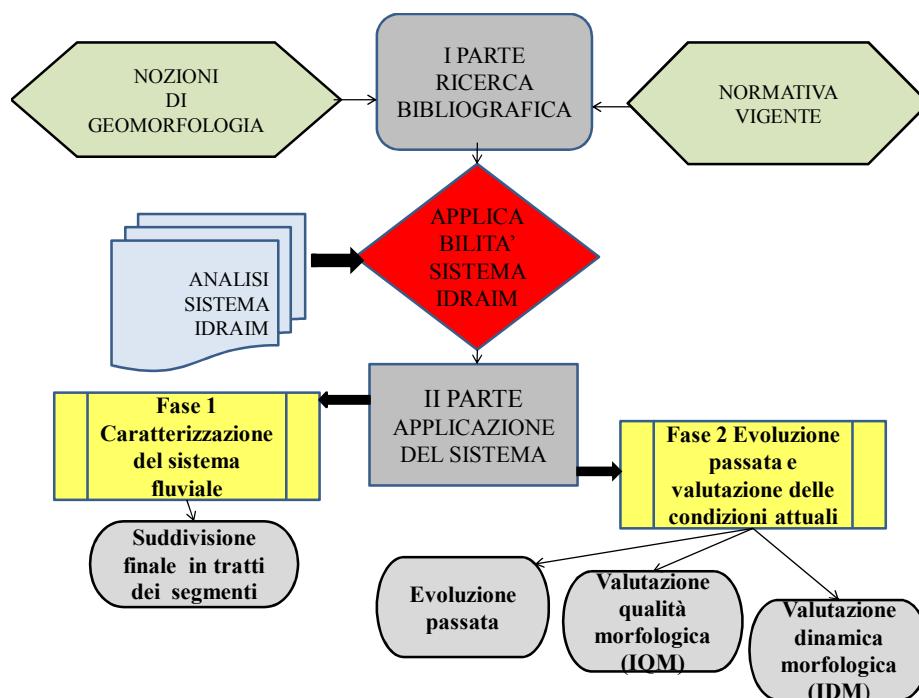


Figura1.2 – Flow chart sull’articolazione dell’attività di ricerca.

L’attività di ricerca ha avuto inizio con la suddivisione in tratti dei corsi d’acqua codificati in segmenti, applicando il Sistema IDRAIM con l’impiego di software G.I.S. adoperati per le rilevazioni territoriali. L’area prescelta per l’analisi è stata studiata con il preventivo inserimento dei dati cartografici, con la digitalizzazione dei limiti del bacino e della rete idrografica secondo quanto previsto nella fase 1 e negli STEP del Sistema. Inoltre si è approfondita la ricerca e l’analisi bibliografica del Fiume Dittaino (bacino del Simeto), suddiviso convenzionalmente nei due sottobacini Dittaino-Salito e Dittaino (Lazzaro, 2015). E’ stata pertanto realizzata l’analisi ambientale, territoriale e vocazionale dei tratti dei corsi d’acqua osservati con l’inserimento nel G.I.S. delle informazioni preliminari all’implementazione del Sistema IDRAIM.

Nella fase 2 del Sistema di “analisi dell’evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali”, “l’analisi dell’evoluzione passata” (Sottofase 1) ha riguardato prevalentemente le variazioni di configurazione morfologica e di larghezza subite dal 1954 a oggi. In merito alle variazioni di larghezza è stato considerato l’arco temporale degli ultimi 10-15 anni. Tuttavia oggetto prevalente del lavoro di ricerca ha riguardato le sottofasi 2 “Valutazione e analisi della qualità morfologica”, con la redazione delle schede di valutazione che si riferiscono all’ottenimento dell’Indice di Qualità Morfologica (IQM), e la sottofase 3 “Valutazione e analisi della Dinamica morfologica”, che riguarda il conseguimento dell’Indice di Dinamica Morfologica (IDM), con analoghe schede predisposte nel Manuale tecnico e parte integrante del Sistema. Le schede inizialmente redatte hanno riguardato la sottofase 2, con l’impiego del G.I.S. e in seguito completate con rilievi sui corsi d’acqua. L’implementazione delle schede ha consentito di conseguire una valutazione delle condizioni attuali dei corsi d’acqua per gli aspetti che si riferiscono alle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*, giungendo a una valutazione globale della “classe di qualità morfologica” per la quantificazione dell’IQM, con l’attribuzione di valutazioni degli indicatori da cui esse sono formate. In merito alla “Valutazione della dinamica morfologica”, essa è stata eseguita con la valutazione delle variazioni di dinamica morfologica subite dai corsi d’acqua oggetto di osservazione e suddivisi in tratti. L’attività ha previsto in maniera analoga a quanto avvenuto con l’IQM l’implementazione delle schede di valutazione predisposte per l’indice di Dinamica Morfologica (IDM). Le schede anche in questo caso sono state implementate con l’impiego del G.I.S. e successive verifiche e rilevazioni sui corsi d’acqua. Si è proceduti secondo quanto previsto all’attribuzione dei rispettivi valori degli indicatori per le Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e

Variazioni morfologiche con l'ausilio di cartografie storiche e recenti, operando il confronto delle modifiche morfologiche osservate nei singoli tratti. L'implementazione delle schede per l'ottenimento dell'IDM, applicate esclusivamente ai tratti dei corsi d'acqua classificati dal Sistema IDRAIM come non confinati e semiconfinati, hanno permesso di pervenire a una valutazione della "classe di dinamica morfologica" per i tratti esaminati. Con specifico riferimento alla categoria *Variazioni morfologiche*, grazie all'acquisizione effettuata del materiale cartografico relativo al volo IGM 54/55 è stato possibile eseguire per i tratti non confinati e semiconfinati una migliore valutazione delle caratteristiche dei tratti dove sono stati valutati l'IQM e l'IDM, implementando le osservazioni rilevate con le opportune verifiche e adattamenti dei valori ottenuti (Lazzaro, 2015, Caggegi, 2015; Greco 2015).

Il lavoro di ricerca effettuato, definita quindi la fase 1 di caratterizzazione del sistema fluviale, è proseguito approfondendo in maniera critica le osservazione e valutazione degli indicatori su cui sono fondate le schede del Sistema per l'assegnazione delle classi di "qualità morfologica" e di "dinamica morfologica". Avendo riguardato la prima parte dell'analisi lo stato ecologico dei corsi d'acqua, mentre la seconda parte la dinamica morfologica del sistema fluviale, si è pervenuti così a una caratterizzazione dello stato ecologico dell'area analizzata. Lo studio ha così implementato e sperimentato il Sistema per un eventuale successivo utilizzo dei dati ottenuti, con riferimento sia allo stato ecologico sia al rischio di esondazione sui processi di dinamica morfologica osservati.

2 CONCETTI DI GEOMORFOLOGIA FLUVIALE

La geomorfologia fluviale è definita come lo “*studio dei processi di produzione, flusso e immagazzinamento di sedimenti nel bacino idrografico e nell’alveo fluviale nella breve, media e più lunga scala temporale, e delle forme risultanti in alveo e nella piana inondabile*” (Sear *et al.*, 2003). Essa contiene al suo interno tutte le conoscenze in ambito geomorfologico, idrologico-idraulico e fisico impiegate nello studio dei corsi d’acqua e per il loro esercizio (Marchetti, 2000). Tali conoscenze presumono una preliminare analisi a scala di bacino che può incrementarsi con l’analisi di processi specifici a scale di dettaglio più grande.

Sotto l’aspetto normativo è opportuno richiamare la Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, che nel definire il termine “Idromorfologia” introduce considerazioni sulle modificazioni del regime delle portate liquide, sui flussi d’acqua e sui sedimenti impattati da barriere artificiali, oltre all’estensione cui la morfologia dell’alveo fluviale è stata modificata, includendo inoltre gli ostacoli al libero movimento del fiume nella sua piana inondabile.

2.1 Caratteristiche del sistema fluviale

Il sistema fluviale è caratteristico per ogni bacino ed è raffigurato da linee di impluvio che, passando lungo i versanti, convergono nel corso d’acqua principale. Secondo il modello proposto da Schumm (1977), esso può essere suddiviso in tre zone (Rinaldi *et al.*, 2014):

- Zona 1, relativa alla porzione montana del bacino, dove i processi di frane ed erosione sui versanti prevalgono con produzione di sedimenti;
- Zona 2, propria dei tratti medio vallivi, è caratterizzata dal transito dei sedimenti da monte verso valle dai corsi d’acqua principali del sistema;

- Zona 3, si fa coincidere con la pianura alluvionale, è la porzione più a valle del sistema e costituisce l'area di accumulo dei sedimenti per la ridotta energia cinetica dell'acqua.

I corsi d'acqua hanno quindi una funzione cosiddetta di “nastro trasportatore”, canalizzano i sedimenti dalle zone più alte del bacino attraverso le zone di trasferimento fino alle pianure alluvionali, dove si raccolgono (Fig. 2.1).

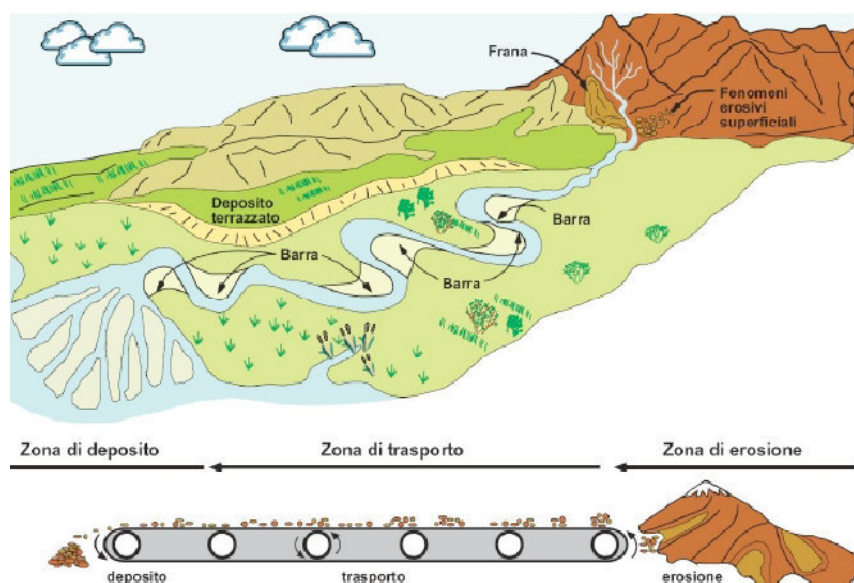


Figura 2.1 - Il corso d'acqua paragonato a un nastro trasportatore di sedimenti (da ADBPO, 2008a, modificato da Kondolf, 1994, Rinaldi *et al.*, 2014).

I processi di erosione, trasporto e sedimentazione agiscono in maniera differente sullo sviluppo del corso d'acqua, condizionando ininterrottamente il bilancio fra materiale eroso e depositato tra le sponde e fondo dell'alveo. Nella Figura 2.2, sono indicati i fenomeni d'interscambio fondamentali. In zona montana di produzione di sedimenti riguardano le: (1) frane; (2) alimentazione ed eventuale occlusione da parte dei sedimenti in alveo; (3) sedimentazione in alveo ed erosione delle sponde.

Nella zona di alta pianura predominano: (4) erosione delle sponde e accrezione delle barre; (5) costruzione delle sponde per tracimazione. In zona di bassa pianura, dove si ha raccolta di sedimenti rileviamo processi di: (6) erosione delle sponde per movimenti di massa; (7) deposizione di sedimenti fini nella piana inondabile; (8) trasporto di wash load dei sedimenti fini al mare.

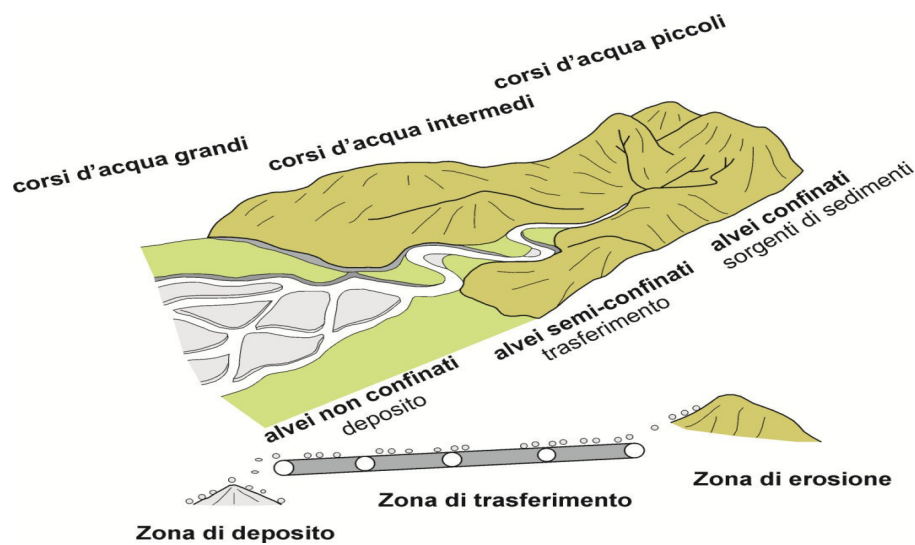


Figura 2.2 - Grado di confinamento e dimensioni dei corsi d'acqua nelle diverse zone del bacino (modificato da Brierley e Fryirs, 2005 e da Church, 1992; Rinaldi *et al.*, 2014).

I corsi d'acqua sono ripartiti pertanto sulla base del loro grado di confinamento, per cui distinguiamo tre differenti situazioni:

- Corsi d'acqua *confinati* prevalgono nella zona collinare - montuosa, dove l'alveo è confinato tra i versanti;
- Corsi d'acqua *semi-confinati*, tipici delle zone pedemontane;
- Corsi d'acqua *non confinati*, rappresentativi delle pianure alluvionali, dove non riscontriamo confinamento.

2.2 Classificazione degli alvei fluviali

La ripartizione del sistema fluviale in zone e processi dominanti rispecchia altre elementi distintivi dei corsi d'acqua, come il grado di confinamento e le dimensioni, è pertanto possibile distinguere essenzialmente due tipologie di alvei (Montgomery e Buffington 1997; Rinaldi *et al.* 2014; Rosgen, 1994):

➤ Alvei delle zone *collinari e montane*, tipici dei torrenti montani. Hanno dimensioni piccole e pendenze del fondo elevate, con grado di confinamento notevole, si presentano talvolta a *fondo fisso*, sfornito di sedimenti, per l'alta energia dell'acqua, talora mostrano un alveo a fondo *mobile*, composto da un letto ricco di sedimenti, anche se le sponde sono in roccia. Nel secondo caso il corso d'acqua può prendere diverse configurazioni morfologiche riguardo alla granulometria dei sedimenti e alla pendenza dell'alveo. Le morfologie di fondo sono inoltre classificate in cinque categorie (Montgomery e Buffington, 1993): A) Cascade, B) Step-pool, C) Plane-bed, D) Pool-riffle, E) Dune-ripple (Fig. 2.3.)

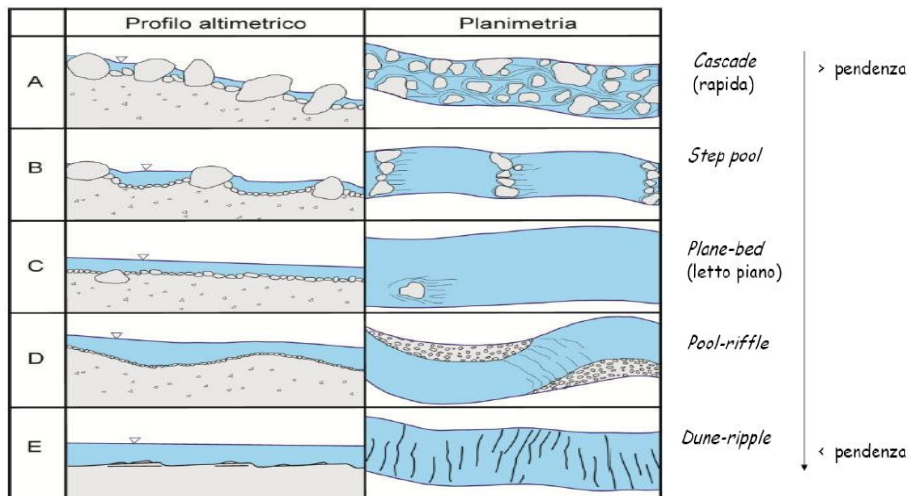


Figura 2.3 - Morfologie di alvei alluvionali a scala di tratto (modificato da Montgomery e Buffington, 1997).

I *Riffles* sono come delle piccole rapide, rappresentano “zone in rilievo” lungo il profilo longitudinale di un alveo, originati da processi deposizionali; possono considerarsi anche delle macro-forme di fondo in quanto formati da clasti grossolani. Gli *Steps*, propri degli alvei montani con acclività più di 3-5% e granulometria di dimensioni moderate che si disponendo forma a degli steps (scalini). Sono costituiti da affioramenti rocciosi (rock-step) o anche da tronchi d’albero (log-step). I *Pools* sono parti dell’alveo dove i tiranti idrici sono elevati e le velocità medie minori rispetto alle zone adiacenti. Derivano dall’azione erosiva localizzata causata da una corrente in eccesso di energia rispetto alle condizioni medie di pendenza. Ciò avviene quando la corrente aumenta per una maggiore pendenza locale del fondo (riffle), per la presenza di salti (step) o per restringimento della sezione (barre, massi, affioramenti rocciosi). Tali morfologie identificano il rapporto tra capacità di trasporto della corrente (Q_c) e alimentazione di sedimenti (Q_s) (Fig. 2.4).

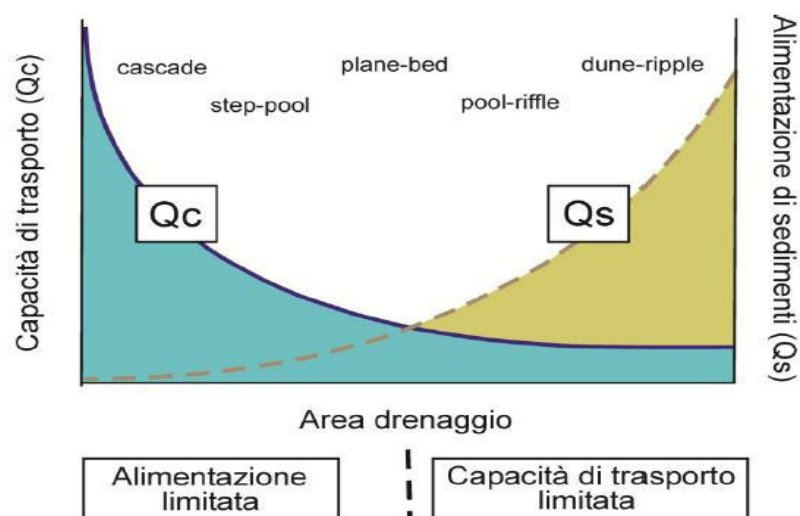


Figura 2.4 - Morfologie dei corsi d’acqua montani a proposito delle condizioni di capacità di trasporto (*transport capacity*) e di alimentazione di sedimenti (*sediment supply*) (Montgomery e Buffington, 1997).

Da quanto rappresentato in fig. 2.4, le tipologie *Riffles* e *Step-pool* sono dovute a condizioni di elevata capacità di trasporto solido, mentre i *Pool-riffle* e *Dune-ripple* sono legate a una capacità di deposizione cospicua. La capacità di trasporto solido Q_c , è legata a condizioni di acclività maggiore, si osserva, infatti, in zone di basse pendenze una diminuzione della capacità di trasporto solido. L'apporto di alimentazione solida Q_s , aumenta proporzionalmente all'area di drenaggio, per inserimento graduale di aree che diventano sorgente di sedimento dai vari sottobacini. Nei *Pool-riffle* e *Dune-ripple*, il trasporto è limitato, avrà quindi deposizione (Q_s), con la formazione di masse sedimentarie dentro l'alveo. Il punto di equilibrio è rappresentato dalla morfologia *plane-bed*.

➤ Alvei *alluvionali* in zona di pianura, sono corsi d'acqua posti nella parte medio - valliva del bacino e normalmente sono di tipo non confinato o semi-confinato. Sviluppano alvei *a fondo mobile*, può auto-modellarsi sia sotto l'aspetto altimetrico sia planimetrico. La loro configurazione dipende da fattori guida (portate liquide e portate solide) e condizioni al contorno (pendenza, topografia valle, sedimenti del fondo e delle sponde, vegetazione riparia). I corsi d'acqua che si possono rilevare sono a canale singolo o a più canali, in quest'ultimo caso i fenomeni di deposizione osservati causano la genesi delle *barre*, prive di vegetazione perenne, che emergono nei periodi di magra.

Diverse sono le tipologie, raggruppate in base alla loro disposizione: longitudinali, trasversali, diagonali, laterali, alternate, mediane, barre di meandro. *Barre* e *Isole* sono caratterizzate dalla medesima dinamica deposizionale, hanno un'alta dinamicità e nelle circostanze di eventi di piena protendono a spostarsi verso valle per erosione della testa e ingrandimento della coda. Quando le barre sono colonizzate da vegetazione

perenne arbustiva e arborea, originano le isole, più stabili. Nelle adiacenze all'alveo riscontriamo in genere una piana inondabile, definita come la superficie pianeggiante limitrofa al corso d'acqua, formata da una progressiva sedimentazione all'interno e all'esterno dell'alveo per fenomeni di esondazione o di migrazione laterale del corso d'acqua, soggetta a portate di piena con tempi di ritorno da 1 a 3 anni.

Quanto sopra espresso, non deve essere confuso con il *terrazzo*, che è una piana inondabile che si forma in condizioni differenti, per abbassamento del fondo, si trova in posizione più elevata rispetto alla piana inondabile e può essere caratterizzato da piene con portate aventi tempi di ritorno superiori a 3 anni. La classificazione delle morfologie fluviali secondo Schumm (1977), indica come il trasporto solido governi le forme di fondo e rappresenta il principale processo responsabile della morfologia fluviale (Fig. 2.5).

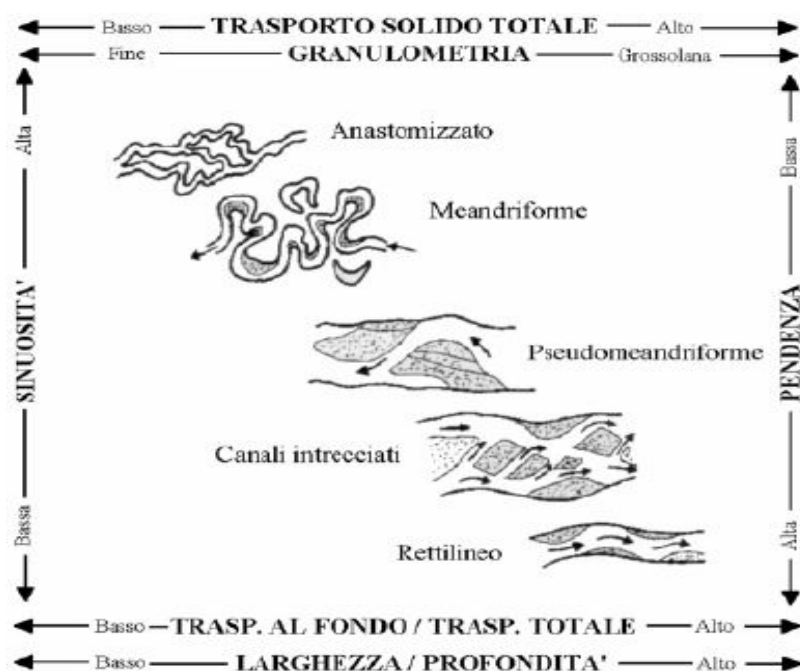


Figura 2.5 - Le morfologie fluviali secondo Schumm, 1997

2.3 Variazioni morfologiche

Le variazioni morfologiche negli alvei fluviali sono determinate da variabili “guida” quali variazioni climatiche, variazioni idrologiche, movimenti tettonici, tagli di meandro, presenza di dighe, ecc. e da condizioni al “contorno” come disboscamenti, rimboschimenti, sistemazioni idraulico-forestali, opere di urbanizzazione. Tali fattori agiscono modificando il regime delle portate liquide e solide, e influenzano le forme assunte dagli alvei fluviali. Nella moderna “geomorfologia fluviale” ci si riferisce alla media scala temporale, dell’ordine dei 100 anni, anche se gli eventi evolutivi del reticolo idrografico nel lungo periodo come catture, subsidenza e altri fenomeni di neotettonica, forniscono utili indicazioni per comprendere le cause di variazioni morfologiche degli alvei (Piégay, 2005). Tuttavia è più opportuno ridurre ulteriormente la scala temporale agli ultimi 10-15 anni per fissare se un alveo debba ritenersi stabile o in equilibrio dinamico (Shields *et al.*, 2003). Le variabili che prendono parte alla trasformazione dell’equilibrio si suddividono solitamente in *naturali*, quali le variazioni climatiche e idrologiche, movimenti tettonici, fenomeni vulcanici, variazioni del livello del mare, e *antropiche*, che includono interventi a scala di bacino come rimboschimenti, disboscamenti, sistemazioni idraulico-forestali, opere di urbanizzazione, che sono in grado modificare il regime delle portate liquide e solide, oppure interventi diretti in alveo che agiscono evidentemente sulla forma dell’alveo. Un aspetto di notevole rilevanza per l’analisi della dinamica morfologica è raffigurato dalle risposte dell’alveo alle due varietà di cambiamenti (naturali e antropici), che hanno scale temporali differenti. I cambiamenti naturali osservano scale temporali maggiori, con tempi di risposta alle modificazioni morfologiche dei corsi d’acqua irrilevanti rispetto alla vita umana, mentre i

cambiamenti antropici accadono in un arco temporale più breve e la ricerca di nuove condizioni di equilibrio da parte degli alvei dei corsi d'acqua è più rapida ed è determinata dagli aspetti qualificanti l'ambiente. La costruzione di dighe, canalizzazioni, variazioni dell'uso del suolo hanno predisposto a modificazioni importanti degli alvei della maggior parte dei fiumi italiani negli ultimi 50÷60 anni. Nella Figura 2.6 sono rappresentate le categorie principali dei tipi morfologici.

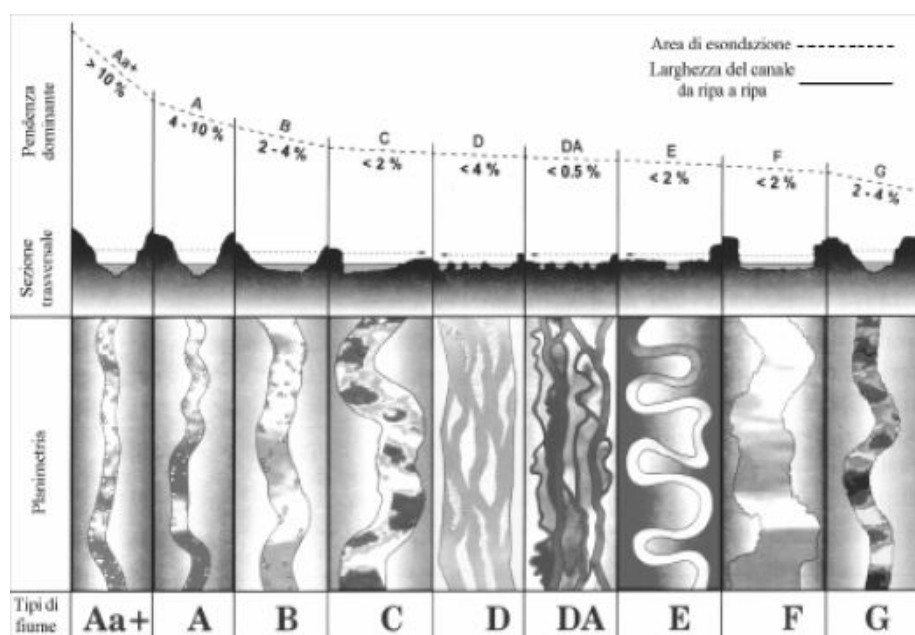


Figura 2.6 - Schema di classificazione di 41 tipi morfologici suddivisi in 8 categorie principali (A-G) - (Rosgen, 1994).

Le trasformazioni subite dai corsi d'acqua devono essere considerate nei processi di pianificazione, gestione e riqualificazione dei corsi d'acqua, gli interventi antropici hanno modificato il regime delle portate solide e liquide e i fenomeni più evidenti hanno riguardato il restringimento e l'incisione dell'alveo in alcuni corsi d'acqua dal XIX secolo, intensificatisi

tra gli anni '50 e gli anni '80-'90 del secolo scorso. Le variazioni nella morfologia degli alvei devono imputarsi al prelievo di sedimenti dagli alvei, fattore senza dubbio più rilevante, alla costruzione di dighe, agli interventi di canalizzazione, alle sistemazioni idraulico-forestali e alle variazioni di uso del suolo, con riferimento all'aumento della copertura del bosco. L'entità delle variazioni subite dagli alvei che hanno modificato il regime delle portate liquide e di quelle solide è stato notevole, in molti casi si è verificata una vera e propria trasformazione morfologica con modificazione della configurazione planimetrica (es. da un alveo a canali intrecciati a un alveo di tipo wandering o a canale singolo, Fig. 2.7.)

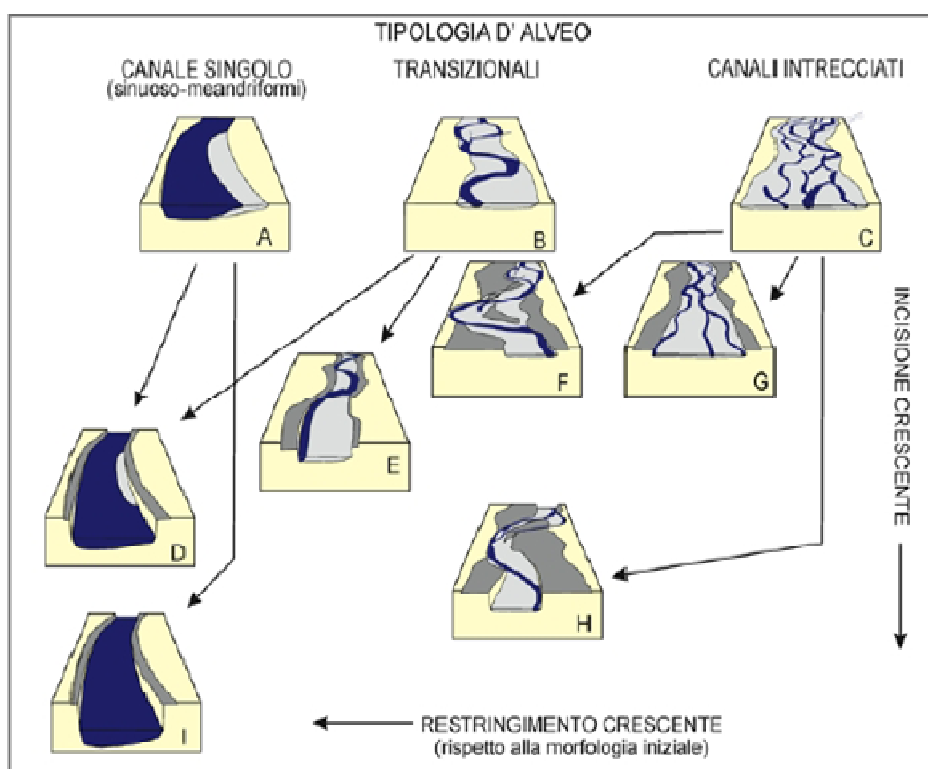


Figura 2.7 - Schema di classificazione delle variazioni morfologiche di fiumi italiani, modificato da Surian e Rinaldi, 2003, (Rinaldi *et al.* 2014).

3 SISTEMA DI VALUTAZIONE IDROMORFOLOGICA ANALISI E MONITORAGGIO DEI CORSI D'ACQUA “IDRAIM”

Riguardo alla classificazione dei corsi d'acqua sotto l'aspetto ecologico, un'esigenza sempre più importante assume la componente idromorfologica e la preparazione di strumenti idonei a valutare le condizioni morfologiche e il grado di alterazione dei corsi d'acqua (Lenzi *et al.*, 2000; Rinaldi, 2011c; Rinaldi *et al.*, 2013).

Il sistema IDRAIM (Sistema di valutazione Idromorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua) nasce come conseguenza dell'esigenza da parte dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) di avere uno strumento di valutazione geomorfologica per la gestione dei corsi d'acqua. In merito occorre ricordare come la Direttiva Quadro sulle acque (2000/60/CE) o WFD, recepita in Italia con il D.L. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", auspicava entro il 2015 il conseguimento di un “buono stato ecologico” per tutti i corpi idrici naturali, inteso come l'attitudine dei corsi d'acqua di mantenere condizioni di elevata biodiversità e di un “buono stato chimico-fisico”. Malgrado diversi siano stati gli studi effettuati in merito, ancora adesso restano oggetto di una definizione più precisa i parametri morfologici che indicano lo stato di salute ecologica di un corso d'acqua in termini di qualità e i criteri che identificano le variazioni dinamiche determinate nell'arco temporale oggetto di esame. (Lenzi *et al.*, 2000). Le metodologie messe a punto e utilizzate per valutare le condizioni idromorfologiche dei corsi d'acqua vengono usualmente suddivise dalla comunità scientifica in cinque categorie (Fernandez *et al.*, 2011; Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014):

1. Metodi di rilevamento degli habitat fisici, che riguardano principalmente l'analisi e censimento di habitat fisici e le diverse forme fluviali esistenti, noti come "rilievo degli habitat fluviali" ("River habitat survey");
2. Metodi di rilevamento degli habitat ripariali, analoghi al precedente, impiegati come metodi per caratterizzare habitat e vegetazione delle zone riparie;
3. Metodi di valutazione delle condizioni morfologiche dei corsi d'acqua;
4. Metodi di valutazione delle alterazioni del regime idrologico, adoperate per valutare le modificazioni del regime idraulico nei confronti di condizioni inalterate;
5. Metodi di valutazione della continuità longitudinale dei pesci, che prende in considerazione la presenza di barriere.

Tuttavia molte delle metodologie sopra ricordate non appagano totalmente i requisiti dalla Direttiva e in alcuni paesi della Comunità Europea sono stati approfonditi protocolli o metodi per la valutazione degli aspetti idromorfologici per l'applicazione della Direttiva Quadro.

Si conferma pertanto sempre più l'esigenza di sviluppare e sperimentare nuove metodologie che richi amino i processi, le cause, le pressioni e gli impatti per una corretta elaborazione di misure e verifiche dei risultati (Buffagni *et al.*, 2005; Apat, 2007). Una metodologia idonea deve osservare la valutazione delle condizioni di equilibrio dinamico di un corso d'acqua diverse nei confronti di una condizione di riferimento, causati da processi di alterazione del normale funzionamento dello stesso. Si può affermare che i processi morfologici che sottendono i corsi d'acqua e la conservazione delle loro condizioni ecologiche, determinano spazi

fondamentali per i differenti habitat e per il funzionamento della vita degli ecosistemi acquatici e ripariali (Barbagallo *et al.*, 1993; Comiti *et al.*, 2011).

Il Sistema IDRAIM nasce dall'esigenza di comporre una metodologia applicabile a una scala spaziale funzionale che consideri l'ambiente fisico ed antropico di applicazione. Si dispone pertanto a livello nazionale di uno strumento scientifico per una valutazione delle condizioni morfologiche e del grado di alterazione dei corsi d'acqua rispetto a condizioni meno compromesse per periodi rilevanti, che si pone come finalità la programmazione d'interventi di gestione e riqualificazione fluviale.

La procedura messa a punto ha caratteristiche di sistematicità ed è strutturata in modo da affrontare i diversi aspetti geomorfologici integrati con altri elementi quali gli aspetti idraulici ed ecologici, intendendo rappresentare una base scientifica e conoscitiva per la gestione integrata dei nostri corsi d'acqua. Sebbene il Sistema sia realizzato su basi scientifiche, esso è stato progettato per l'utilizzo degli Enti responsabili dei piani di gestione dei corsi d'acqua, pertanto sono stati rispettati numerosi requisiti che permettano un'agevole applicabilità del metodo.

3.1 Norme di attuazione

3.1.1 La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE

Il riferimento normativo per l'azione comunitaria in materia di fiumi, acque interne, transizionali e costiere è la Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), recepita in Italia con il d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale". Essa costituisce e introduce un orientamento innovativo nella legislazione europea in materia di acque, dal punto di vista ambientale e amministrativo-gestionale. La direttiva si pone obiettivi

ambiziosi: prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorare lo stato chimico-fisico delle acque e assicurarne un utilizzo sostenibile, basato sulla protezione delle risorse idriche disponibili nel lungo termine. Nelle intenzioni del legislatore si prevedeva il raggiungimento entro l'anno 2015, per tutti i corpi idrici naturali, di un "buono stato ecologico" (European Commission, 2000).

La norma si proponeva inoltre, di aumentare la protezione delle acque superficiali e sotterranee, mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità, gestire le risorse idriche in conformità ai bacini idrografici ed il riconoscimento del giusto prezzo economico dei servizi idrici, rendendo cointeressati i cittadini alla protezione e al miglioramento degli ecosistemi acquatici. Gli Stati Membri devono tutelare le acque a livello di "bacino idrografico" per mezzo del "distretto idrografico", area di terra e di mare, costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle corrispondenti acque sotterranee e costiere (European Commission, 2000; Nardini *et al.*, 2008). Nel distretto idrografico gli Stati membri dovranno eseguire un'analisi delle sue caratteristiche, un esame dell'impatto antropico sullo stato delle acque superficiali e sotterranee e un'analisi economica dell'utilizzo idrico. Le misure da avviare sono indicate nei Piani di Gestione che gli Stati Membri devono predisporre per ogni singolo bacino idrografico, che diventa lo strumento di programmazione per il conseguimento degli obiettivi fissati. La Direttiva al suo interno dispone che sia compiuta una valutazione dello stato attuale degli elementi che formano il corpo idrico e degli aspetti idromorfologici, direttamente connessi con i processi fisici essenziali che determinano il sistema fluviale. L'introduzione del termine "idromorfologia" è pertanto riconducibile alla Direttiva Quadro Acque e obbliga a valutare diversi aspetti fisici, oltre a quelli biologici e di qualità delle acque, come le modificazioni del regime delle portate liquide,

la continuità longitudinale dello scorrimento dei sedimenti, la morfologia e la mobilità laterale dei corsi d'acqua (Bussetтини *et al.*, 2013).

Le caratteristiche idraulico-geometriche di un corso d'acqua, definite come variabili dipendenti, sono il risultato di una serie di variabili indipendenti connesse con il clima, con la geologia, con l'uso del suolo e con la tipologia fisiografica del proprio bacino idrografico. Gli elementi descritti concorrono alla determinazione del regime idrologico e sedimentologico di un corso d'acqua. Inoltre deve essere valutata l'azione antropica talora come negativa, in grado di ostacolare i processi naturali di evoluzione del corso d'acqua, sia direttamente sulle sue peculiarità morfologico - sedimentarie come gli interventi in alveo che indirettamente, modificando le variabili di controllo come ad esempio le variazioni dell'uso del suolo (Darby e Van De Wiel, 2003). I corsi d'acqua devono intendersi sistemi complessi e dinamici, variabili nel tempo e nello spazio come effetto delle trasformazioni delle stesse variabili di controllo. L'analisi morfologico - sedimentario e la valutazione dello stato attuale dei corsi d'acqua prevedono l'indagine delle forme e dei processi rilevati sui corsi d'acqua, con una ricostruzione delle modifiche subite, identificando le cause alle diverse scale spazio-temporali e interpretando le tendenze evolutive rilevate, al fine di intervenire sulla dinamica dell'alveo senza sconvolgere i caratteri morfologico - sedimentari del corso d'acqua.

La normativa si pone inoltre la finalità di identificare le condizioni che determinano l'equilibrio naturale di un sistema e valutare le azioni antropiche in grado di allontanare i corsi d'acqua dallo stato di equilibrio ottimale (Bussetтини *et al.*, 2013). Nel D.M. 260/2010, predisposto ai sensi dell'art. 75 comma 3 del D.lgs. 152/2006 noto come "Testo Unico Ambientale", sono riportati i nuovi criteri tecnici ai fini della classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali. L'emanazione del regolamento nasce

dalla necessità di adattare il Testo Unico Ambientale agli obblighi comunitari previsti dalla Direttiva Quadro sulle Acque. In particolare, la valutazione dello stato idromorfologico dei corsi d'acqua deve essere fatta attraverso la combinazione dello stato idrologico con quello morfologico. Nel testo è evidenziato l'uso di un consistente approccio metodologico sotto l'aspetto geomorfologico, l'osservazione dei processi a scale spazio-temporali idonee, l'uso di analisi di immagini tele rilevate, GIS e rilievi sul terreno (Bussetini *et al.*, 2013). Gli allegati alla parte terza del decreto, recanti le disposizioni tecniche inerenti le acque, possono essere modificati ai fini dell'adeguatezza dei testi normativi, o a seguito di nuove acquisizioni scientifiche o tecnologiche. (Nardini *et al.*, 2008). L'allegato 1 del D.M. 260/2010 sostituisce l'allegato 1 della parte terza del Testo Unico Ambientale introducendo nella norma i criteri tecnici impiegati per definire e classificare lo stato dei corpi idrici superficiali, esprimendo che lo stato ecologico dei fiumi si valuta tramite lo studio della composizione e qualità degli elementi biologici, supportati da quelli idromorfologici, chimici e chimico-fisici.

La norma prevede che l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) predisponga un manuale per la raccolta ed elaborazione delle metodologie da utilizzare per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici. L'ente metterà a disposizione sul Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque (SINTAI), le liste tassonomiche e gli aggiornamenti di riferimento per gli elementi di qualità biologica previsti dall'Allegato 1. La procedura di validazione dei metodi di classificazione di cui all'All.1, prevede la raccolta dei dati di monitoraggio delle acque secondo l'All.2 al D.M. 260/2010 forniti dalle regioni e province autonome, resi accessibili attraverso il sistema SINTAI.

3.1.2 La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE

La Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (Floods Directive), è la normativa specifica sulle alluvioni, fenomeni naturali causa di vittime e danni all'ambiente e in grado di compromettere lo sviluppo economico d'interesse collettività. Essa è recepita in Italia con il D.lgs. 49/2010 ed ha come obiettivo principale mettere in atto misure di valutazione e di gestione del rischio idraulico per limitare gli effetti negativi di tali fenomeni. Le alluvioni sono fenomeni naturali improvvisi che richiedono idonee procedure per la loro prevenzione. Diventa competenza degli Stati membri, secondo le tre fasi previste dalla Direttiva, analizzare il territorio e definire le aree potenzialmente a rischio di alluvione già dal 2011, redigere mappe di pericolosità e di rischio di alluvione entro il 2013 e prevedere piani di gestione del rischio alluvione entro la fine del 2015 per ridurre i potenziali rischi (Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, 2013). Le fasi successive riguarderanno gli aggiornamenti del piano di gestione (2018, 2019, 2021 - European Commission, 2007). I piani di gestione del rischio alluvioni devono puntare alla prevenzione e protezione dei fenomeni alluvionali con la finalità di ridurre i pericoli per le popolazioni. Essi devono contenere ogni misura idonea a prevenire e ridurre i danni all'ambiente, al patrimonio culturale ed alle attività economiche. Il regolamento (CE) n. 2012/2002 del Consiglio dell'11 novembre 2002, istituisce inoltre il Fondo di solidarietà dell'Unione europea, con la finalità di erogare un aiuto finanziario nell'eventualità di una grave calamità (European Commission, 2007). I fenomeni di dinamica morfologica, intesi come processi causa di alterazioni del fondo e/o delle sponde dell'alveo dei corsi d'acqua a causa di influenze reciproche tra flussi liquidi e sedimenti, pur esercitando una forte interazione sui fenomeni d'inondazione sono solitamente trascurati riguardo

ai processi idrologico - idraulici, valutati invece come base della formazione e propagazione delle piene. Tale aspetto diventa un limite importante, poiché i processi di dinamica morfologica condizionano in modo efficace i fenomeni di inondazione (Fryirs *et al.*, 2008).

Un aspetto che occorre rimarcare è come la Direttiva Alluvioni e la Direttiva Quadro sulle Acque sono concepite per obiettivi differenti, la prima rivolta alla sicurezza e l'altra alla qualità, prevedendo opere di mitigazione che possono apparire conflittuali. Il sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua, denominato IDRAIM, è costruito con l'obiettivo esclusivo di sviluppare un Sistema comune di analisi e supporto alla gestione dei processi geomorfologici nei corsi d'acqua, tenendo conto in maniera completa dei menzionati obiettivi di qualità e di sicurezza (Bussetтини *et al.* 2013).

Il manuale tecnico dell'I.S.P.R.A. nella sua versione del giugno 2014, oltre alla valutazione della qualità morfologica sviluppa pertanto la problematica inerente alla valutazione della dinamica morfologica con l'elaborazione dell'Indice di Dinamica Morfologica (IDM), della Classificazione di Dinamica di Evento (CDE) e delle Fasce di Dinamica Morfologica (FDM). Tale aspetto ricopre notevole rilievo in considerazione che gli impatti antropici, dovuti ad interventi e opere realizzate in alveo nei decenni, hanno aumentato i fenomeni d'inondazione originati da restringimenti e canalizzazioni, con variazioni planimetriche e altimetriche dell'assetto fluviale in tempi abbastanza brevi.

Il Decreto legislativo n. 49/2010 rappresenta la norma di recepimento della direttiva 2007/60/CE in Italia e riguarda la valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. La norma intende disciplinare le attività di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni per ridurre gli effetti negativi per le attività economiche e sociali dovuti ai fenomeni alluvionali. La norma richiama

quanto disposto nel D.Lgs. n. 152 del 2006, che è notevolmente esplicitato nell'attuazione del Decreto. La direttiva 2007/60/CE e il D.Lgs. n. 49/2010 disciplinano pertanto le attività di valutazione e di gestione dei rischi.

3.2 Caratteristiche strutturali

Le principali caratteristiche del Sistema sono di seguito riassunte facendo riferimento al Manuale Tecnico (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014):

- Il Sistema fornisce le basi fisiche e le procedure per comprendere i processi di dinamica morfologica a scala di bacino.
- Il Sistema riguarda unicamente gli aspetti di dinamica morfologica, non è quindi un sistema di analisi che si riferisce a tutti gli aspetti necessari per la gestione delle risorse idriche (superficiali e sotterranee), della qualità dell'acqua, degli ecosistemi, del paesaggio, della fruizione, ecc.
- La scala temporale impiegata è quella degli ultimi 100–150 anni, arco temporale abbastanza ampio da comprendere i processi geomorfologici e le variazioni conseguenti.
- Il Sistema è ideato per rispondere alle Direttiva Quadro Acque e Direttiva Alluvioni, la metodologia può tuttavia essere applicabile per studi specifici quali la riqualificazione fluviale, la gestione dei sedimenti, o la mitigazione dei pericoli da dinamica morfologica.
- Lo strumento metodologico ha un'elevata flessibilità per diverse finalità d'impiego, consente di approfondire a diversi livelli le sue componenti per obiettivi ed esigenze particolari. Nei casi di interazione con altri aspetti o che si rendano necessari degli approfondimenti, possono adottarsi approcci differenti e specifici per gli obiettivi di attuazione.

- I metodi per la valutazione della qualità e della dinamica morfologica presentano una impostazione simile. Essi possono essere utilizzati insieme o separatamente, a secondo l'obiettivo di analisi.
- La qualità morfologica e la pericolosità da dinamica morfologica rimangono separati sotto l'aspetto concettuale, uno degli scopi del Sistema è di mettere in risalto talune conflittualità e identificare possibili azioni considerare per i diversi obiettivi.

3.3 Scale spazio-temporali

Il Sistema si avvale di scale sia spaziali, sia temporali. A proposito delle scale spaziali il Sistema considera una condizione di suddivisione gerarchica (*hierarchical nested approach*). Le unità spaziali sono illustrate nella Figura 4.1, le dimensioni sono decrescenti e sono descritte di seguito (Rinaldi *et al.*, 2014):

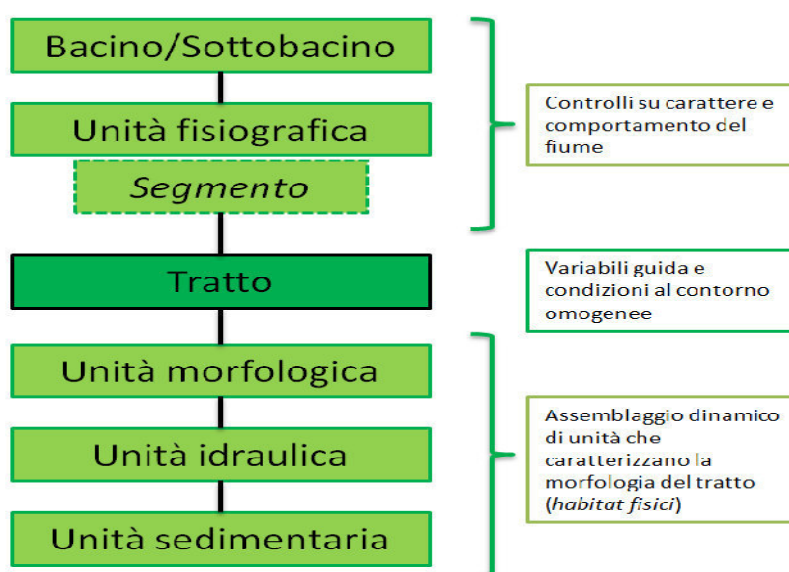


Figura 3.1 Suddivisione gerarchica delle scale spaziali (Rinaldi *et al.*, 2014).

- 1) Bacino idrografico. Si intende la parte di territorio il cui deflusso idrico superficiale è incanalato verso una fissata sezione di chiusura del bacino di un corso d'acqua.
- 2) Unità fisiografica e segmento. Le Unità fisiografiche sono superfici con caratteristiche morfologico - fisiografiche omogenee all'interno del bacino (area montuosa, collinare, pianura intermontana, bassa pianura, ecc). Il segmento raffigura un "macrotratto" di una certa omogeneità, definito dai limiti dell'unità fisiografica cui esso appartiene e da altre forti variazioni idrologiche come, ad esempio, affluenti di dimensioni parecchio rilevanti e discontinuità evidenti di confinamento.
- 3) Tratto. E' la divisione fondamentale di un corso d'acqua, l'unità elementare dove svolgere le valutazioni e le attività di telerilevamento e analisi G.I.S. La divisione in tratti (reaches) avviene in considerazione del grado di confinamento, del tipo morfologico riscontrato, delle discontinuità idrologiche, degli elementi antropici rilevanti, ecc.
- 4) Unità morfologica. Ogni tratto ha una propria morfologia individuata dall'associazione di una tipologia di forme, rapporti altimetrici reciproci e forma della sezione. Per rappresentare l'associazione delle unità presenti in un tratto, si può fare riferimento a un sottotratto campione. Per gli alvei a canale singolo si assume una lunghezza compresa tra 10 e 20 volte la larghezza; per gli alvei a canali intrecciati la lunghezza dovrà essere comparabile con la stessa larghezza, non superiore ai 500 metri.
- 5) Unità idraulica e unità sedimentaria. In ogni unità morfologica, si possono rilevare parti con proprietà idrauliche e tipologia di substrato di una certa omogeneità. Sono unità spaziali di dimensioni limitate ma abbastanza dinamiche, che definiscono caratteristiche e habitat fisici. L'unità morfologica corrisponde con il mesohabitat, le unità idrauliche e sedimentarie identificano i microhabitat.

Riguardo alle scale temporali di analisi, occorre precisare come possono subire delle variazioni sugli aspetti e sulle scale spaziali osservate, oltre che riguardo agli obiettivi prestabiliti nella ricerca. Le scale temporali considerate in bibliografia sono riportate di seguito (Rinaldi *et al.* 2014):

➤ **Scala geologica ($10^4 \div 10^6$ anni):** nel lungo periodo le caratteristiche geologiche e fisiografiche del bacino e lo sviluppo del reticolo idrografico sono raffigurati da questa scala. Elementi caratterizzanti sono gli spostamenti planimetrici con la realizzazione di paleo alvei e variazioni verticali con la realizzazione di terrazzi fluviali.

➤ **Scala storica ($10^2 \div 10^3$ anni):** adatta per conoscere la morfologia naturale dei corsi d'acqua, le tipologie di sistemazione fluviale e gli interventi antropici. È possibile osservare a questa scala la formazione di piane alluvionali ed alvei pensili, conseguenza delle sedimentazioni.

➤ **Media scala temporale (ultimi 100÷150 anni):** individua la conformazione attuale dei corsi d'acqua ed è adoperata per le modificazioni di carattere morfologico - planimetriche (es. alveo ristretto o allargato) o altimetriche (es. alveo inciso o aggradato). Il suo maggiore interesse riguarda le analisi applicative, talvolta definita scala gestionale.

Si distinguono al suo interno delle ulteriori scale:

➤ **Scala ultimi 10÷15 anni:** è utile per osservare le tendenze attuali, come l'alveo in incisione, in sedimentazione o in equilibrio dinamico (Shields *et al.*, 2003). Questo arco temporale è adoperato nella valutazione dell'Indice di dinamica morfologica del sistema IDRAIM per gli indicatori "morfologie e processi" e "artificialità".

➤ **Scala annuale:** non è adoperata per l'osservazione delle forme e dell'evoluzione dei corsi d'acqua, può essere utile per l'analisi delle caratteristiche granulometriche o vegetazionali locali, riguardo agli eventi dell'ultima stagione. Non è utile per determinare le trasformazioni

dell'alveo in seguito a processi di modellamento da parte delle portate, per le cui osservazioni occorrono tempi di ritorno di circa 3 anni.

Le correlazioni tra scale temporali per la spiegazione di forme e processi e le unità spaziali all'interno delle quali sono eseguite le interpretazioni sono raffigurate nello schema di massima di Figura 3.2.

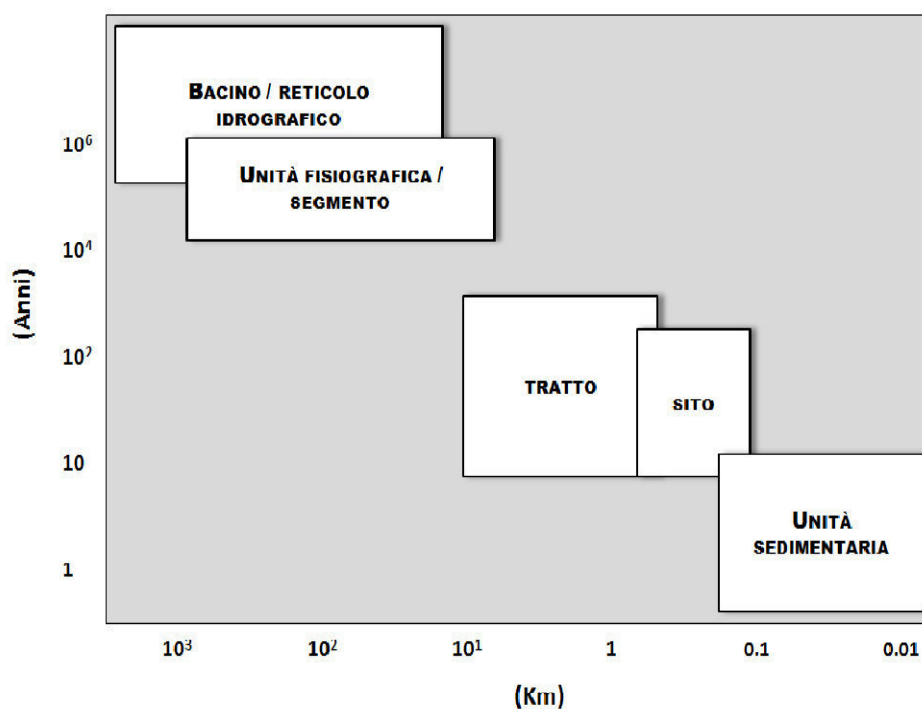


Figura 3.2 - Rapporti tra scale temporali e scale unità spaziali di indagine (Rinaldi *et al.*, 2014).

In esso si osserva come il bacino e le unità fisiografiche sono interessate prioritariamente dalla scala geologica; il tratto e il sito sono riferibili alla media scala temporale (ultimi 10÷15 anni) che permette di comprendere le tendenze attuali delle variazioni morfologiche. Bisogna osservare come l'evoluzione morfologica anche alla scala storica e le unità sedimentarie rimangono vincolate dai processi evolutivi degli ultimi 10÷15 anni. Esse possono sentire gli effetti degli eventi di piena più recenti, in

questo caso si può considerare la scala annuale. Un'altra considerazione associata alle scale spazio-temporali di osservazione concerne l'ampiezza della *regione fluviale*, in termini di sezione trasversale al corso d'acqua, dove compiere le osservazioni geomorfologiche. Tale fascia è valutata sotto gli aspetti ecologici, funzionale e idromorfologico e dovrà fondarsi sulla scelta dello spazio dove avvengono i processi di funzionamento del sistema fluviale.

Dall'integrazione del criterio idraulico, riguardante le aree inondabili, con il criterio geomorfologico sono determinati i limiti della regione fluviale, con l'individuazione della fascia di mobilità laterale. Riguardo alla *continuità idraulica laterale* si ritiene importante riferirsi quantomeno alle aree inondabili con $T_r=200$ anni, che può diventare necessaria per l'identificazione di forme fluviali nella pianura, in parte disconnesse ma ciclicamente riattivabili. Le zone con piene e tempi di ritorno relativamente alti sono strette per l'esistenza di argini a poca distanza dal corso d'acqua e/o a causa della forte incisione dell'alveo, è opportuno prendere in considerazione l'intera pianura alluvionale, identificabile nelle "Alluvioni attuali" o nelle Alluvioni più recenti non terrazzate.

La *mobilità laterale* dell'alveo consente di individuare la cosiddetta *fascia di mobilità funzionale o fascia erodibile*, paragonabile allo spazio fruibile per gli spostamenti laterali dell'alveo che il corso d'acqua può potenzialmente rioccupare, osservando la dinamica passata e futura (Malavoi *et al.*, 2010; Rinaldi *et al.*, 2014). La fascia ha un'estensione funzione della scala temporale di riferimento nella ricostruzione delle modificazioni passate e aumenta proporzionalmente alla scala temporale. L'intervallo temporale è quello degli ultimi 100 anni, in ambienti molto antropizzati come in Italia è abbastanza indicativo l'intervallo di cinquanta anni (Baruffi *et al.*, 2005; Rinaldi *et al.*, 2006; Rinaldi e Simoncini, 2006).

4. ARTICOLAZIONE DEL SISTEMA

Il Sistema IDRAIM è stato articolato in quattro Fasi dagli autori (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014) come rappresentato in Figura 4.3:

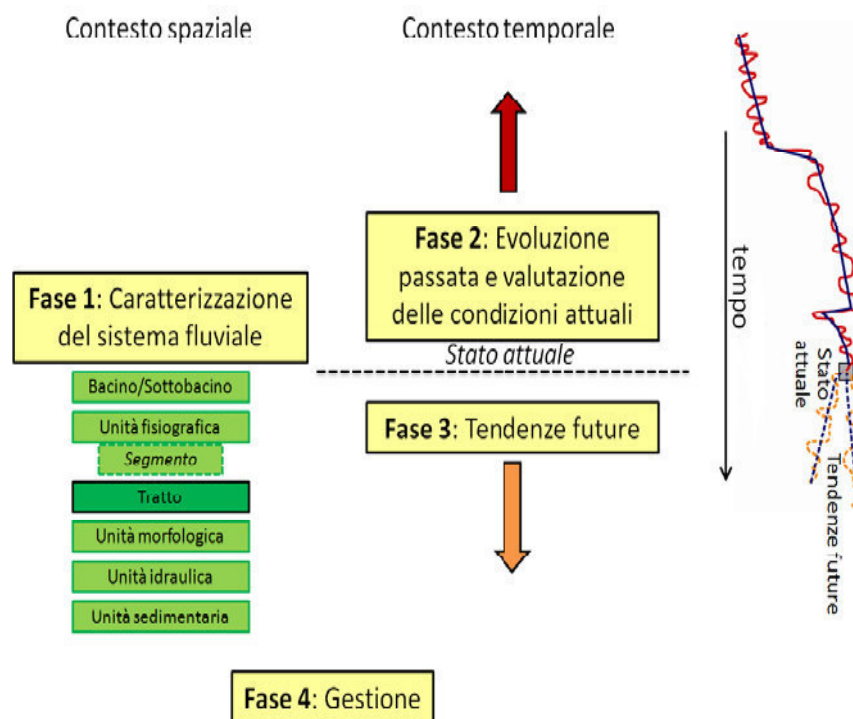


Figura 4.1 - Fasi del Sistema IDRAIM riguardo ai contesti spaziali e temporali. (Rinaldi *et al.*, 2014).

La prima Fase prevede la caratterizzazione del sistema fluviale, secondo le diverse tipologie fluviali, con la suddivisione del reticolo idrografico in tratti omogenei. Questa operazione si attua in considerazione del contesto fisiografico, del grado di confinamento e della morfologia dei corsi d'acqua. Nella seconda fase si compie una valutazione della traiettoria

di evoluzione passata e delle attuali condizioni dei corsi d'acqua. La terza fase prevede una valutazione dei probabili scenari futuri tenuto conto delle tendenze evolutive con il monitoraggio degli elementi morfologici naturali e artificiali. Nell'ultima fase è prevista l'attuazione delle conoscenze acquisite nelle fasi precedenti per la gestione dei corsi d'acqua

L'attività di ricerca effettuata ha previsto l'approfondimento e l'applicazione della prima e seconda fase. Per completezza d'informazione sulle potenzialità del sistema, sono state riportate anche le informazioni generali riguardo alla terza e quarta fase.

4.1 Fase 1 Caratterizzazione del sistema fluviale

La prima Fase della procedura è suddivisa a sua volta in tre sottofasi, come rappresentato in Figura 4.2.

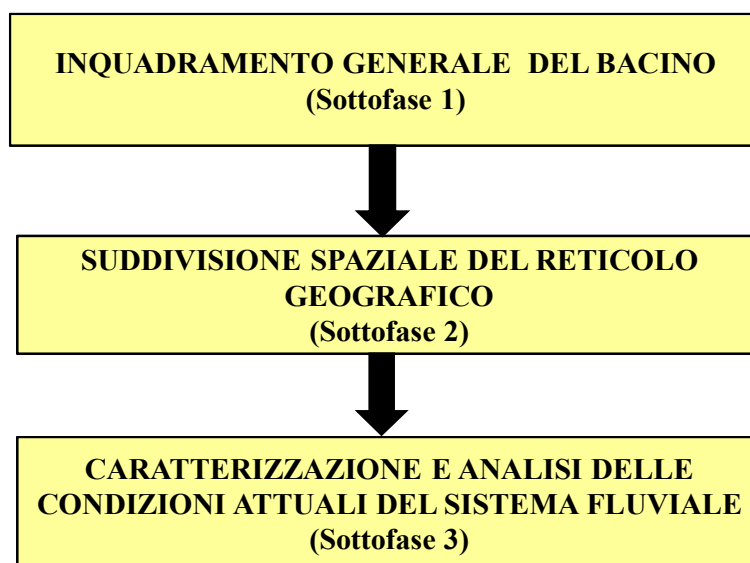


Figura 4.2 - Sottofasi della Fase 1 (Rinaldi *et al.*, 2014).

La finalità principale della Fase 1 del Sistema di valutazione morfologica è quella di dare un inquadramento delle condizioni fisiche dei corsi d'acqua, realizzando una prima suddivisione in tratti abbastanza omogenei che diventa funzionale per le successive analisi. In seguito è riportata per ogni Sottofase una sintesi tratta dal Manuale Tecnico (Rinaldi *et al.*, 2014).

INQUADRAMENTO GENERALE DEL BACINO (Sottofase 1)

Nella sotto-fase si eseguono l'acquisizione e l'esame di dati e informazioni necessarie sui condizionamenti fisici su caratteri, comportamento e distribuzione spaziale delle morfologie dei corsi d'acqua oggetto di analisi (Hupp e Rinaldi, 2007). *L'Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico* avviene grazie alle carte geologiche geomorfologiche dove sono tracciate le strutture tettoniche prevalenti, che determinano il reticolo idrografico, litologie dominanti ed evoluzione geomorfologica dell'area. *L'inquadramento climatico e idrologico* permette di caratterizzare i corsi d'acqua e la comprensione del regime delle precipitazioni e delle portate liquide nelle porzioni del bacino. Le altre informazioni di carattere generale a scala di bacino riguardano *l'Inquadramento delle aree sorgenti di sedimenti e le artificialità e l'uso del suolo*, con particolare riferimento alle opere trasversali che condizionano la costanza del flusso di sedimenti e legname.

Il prodotto finale di questa fase è una descrizione sintetica dei diversi aspetti trattati, si riportano le principali fonti bibliografiche relative agli studi esistenti e si riepilogano i dati esistenti.

SUDDIVISIONE SPAZIALE DEL RETICOLO IDROGRAFICO (Sottofase 2)

La seconda sottofase è articolata in quattro STEP, come riporta la Figura 4.3.

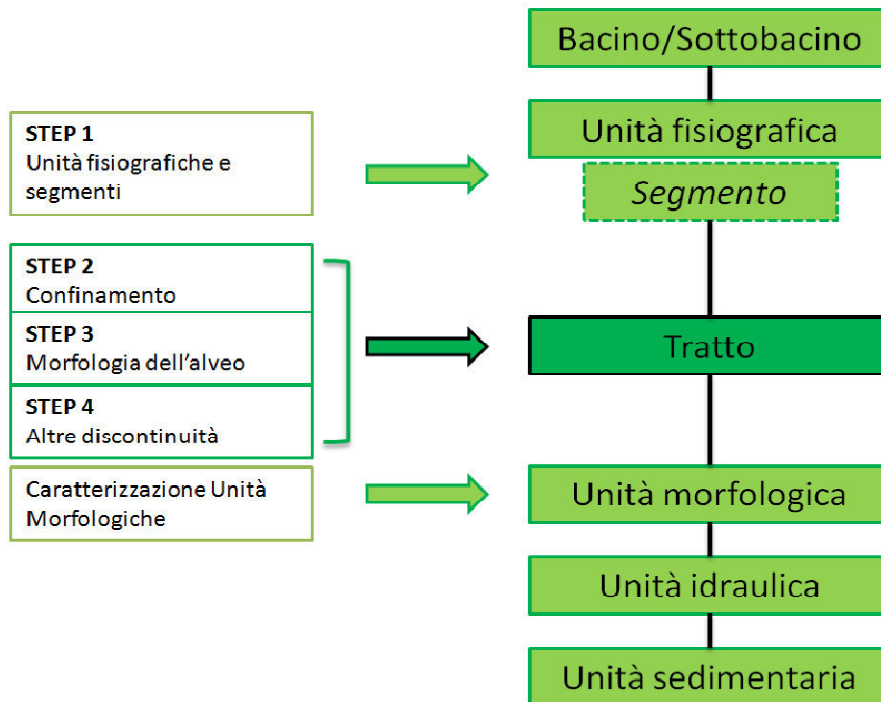


Figura 4.3 - Divisione della sottofase 2 in STEP (Rinaldi *et al.*, 2014).

Occorre evidenziare il carattere iterativo della suddivisione in tratti: l'individuazione di importanti discontinuità (ad es. nello STEP 4) può determinare una successiva suddivisione dei tratti prima individuati, con la rideterminazione di determinati parametri calcolati negli STEP precedenti il cui valore è funzione della lunghezza del tratto, come ad es. parametri di confinamento e l'indice di sinuosità. Pertanto si effettua una suddivisione di prima approssimazione, considerando i criteri pertinenti ognuno dei 4 STEP, oggetto di successivo perfezionamento.

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

Si procede con una prima suddivisione in macro-aree (unità fisiografiche) e macro-tratti (segmenti) con le notizie provenienti dall'inquadramento generale. In ambito nazionale una prima suddivisione è effettuata considerando le principali unità differenziate per aree geografiche (settore alpino-pianura padana; settore appenninico e isole). Esse fanno parte dei seguenti ambiti fisiografici: (1) montano (o montuoso) (M); (2) collinare (C); (3) di pianura (P). Inoltre si possono definire unità fisiografiche in ambito misto, ad es. un'unità in ambito montuoso – collinare (CM) o anche collinare – di pianura (CP). I *segmenti* sono parti di corso d'acqua all'interno di ogni unità fisiografica, identificati dall'intersezione dei corsi d'acqua con i limiti dell'unità fisiografica e rappresentano una prima suddivisione in macro-tratti omogenei, funzionale per la definizione dei tratti. Nella stessa unità fisiografica si identificano più segmenti in funzione dei seguenti aspetti:

- *Configurazione del fondovalle in termini di confinamento dovuta all'estensione di pianura alluvionale:* Si differenziano (i) porzioni con pianura continua (tratti non confinati e/o semiconfinati), (ii) porzioni con assenza continua di pianura (tratti confinati), (iii) porzioni con presenza discontinua di pianura (alternanza di tratti non confinati e/o semiconfinati e di tratti confinati).
- *Notevoli discontinuità di pendenza nel profilo longitudinale del corso d'acqua nelle porzioni più alte del bacino:* Tali discontinuità si riscontrano usualmente dove avviene una variazione di unità fisiografica.
- *Notevoli variazioni di portata a causa di affluenti molto importanti, in relazione alla dimensione complessiva del bacino.*

Nella realizzazione della fase occorre evitare una suddivisione eccessiva dei corsi d'acqua in segmenti, le cui lunghezze normalmente variano da qualche km, nelle porzioni montuose del bacino, sino alle decine di km nelle porzioni di pianura (Caggegi 2015, Greco 2015, Lazzaro 2015, Rinaldi *et al.*, 2014). Individuati i segmenti, occorre determinare per ciascuno di essi l'*area di drenaggio* sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la *pendenza media della valle*.

<i>Definizione del grado di confinamento (STEP 2)</i>
--

In questo STEP i segmenti sono suddivisi con riferimento al confinamento che tiene conto di due grandezze:

Grado di confinamento (Gc):

Esso è la percentuale di lunghezza del corso d'acqua dove le sponde sono a contatto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti, terrazzi fluviali antichi o depositi glaciali. Si identifica come la percentuale di lunghezza di un tratto dove si verifica o meno la condizione di confinamento, ossia dove avviene il contatto diretto con situazioni che intralciano la mobilità laterale. I terrazzi che indicano il confinamento sono prevalentemente quelli antichi (olocenici e pleistocenici) mentre i terrazzi dovuti ad una recente incisione dell'alveo, dell'ordine degli ultimi 50–100 anni, non sono valutati per determinare il grado di confinamento. Nel tratto le misurazioni del Gc sono realizzate con strumenti GIS, date in percentuale dal rapporto tra la somma delle lunghezze delle sponde a diretto contatto con versanti o terrazzi antichi, grazie alla carta geologica e topografica, e la lunghezza totale delle sponde, Brierley e Fryirs (2005) in conformità a quanto descritto, distinguono i seguenti casi:

- **Alveo Confinato.** Caratteristico di ambiti montani e collinari, è assente la pianura e oltre il 90% delle sponde sono a contatto diretto con versanti, depositi di frana, conoidi di affluenti, terrazzi fluviali antichi o depositi glaciali.
- **Alveo Semiconfinato.** Si ritrova nelle principali valli alpine, nelle zone pedemontane, generalmente all'uscita dall'ambito montuoso-collinare e all'ingresso del fondovalle alluvionale. La pianura alluvionale è irregolare, le sponde sono a contatto con la stessa per una lunghezza tra il 10 e il 90% della lunghezza del tratto.
- **Alveo non Confinato.** Tipico delle aree di pianura, l'alveo fluisce in depositi alluvionali lontano dai versanti. Meno del 10% dei margini dell'alveo sono a contatto con i versanti o terrazzi antichi. Le sponde sono deformabili e l'alveo può rimodellare i limiti esterni.

In ambito collinare - montuoso può accadere anche che gli alvei montani presentano una pianura di larghezza molto limitata ai margini, dell'ordine dei metri. In questo caso, richiamando la definizione di grado di confinamento, possono essere classificati come semiconfinati o addirittura non confinati. Si ricorre quindi a un criterio aggiuntivo (*Cic*) che rappresenta il confinamento in senso trasversale.

Indice di confinamento (Ic):

È il rapporto tra larghezza della pianura (L_p) comprensiva dell'alveo e la larghezza dell'alveo (L_a). In pratica dice di quanto un alveo è confinato in sezione trasversale riguardo alla larghezza della pianura. L'indice di confinamento è inversamente proporzionale al confinamento stesso, con valori compresi tra 1 in assenza di pianura e 5 con pianura larga e condizioni di non confinamento.

Sulla base all'indice di confinamento sono determinate le seguenti classi:

- *Confinamento alto*, con indice compreso tra 1 e 1,5.
- *Confinamento medio*, con indice compreso tra 1,5 e un valore k .
- *Confinamento basso*, con indice maggiore di k ;

Dove il valore di k , che consente di distinguere le classi di confinamento medio e basso, è definito come segue secondo la morfologia fluviale:

- $k = 5$ per alvei a canale singolo, compresi i sinuosi a barre alternate e per alvei *anabranching*;
- $k = 2$ per alvei a canali intrecciati e *wandering*.

Si possono definire le tre classi di confinamento sulla base del grado e dell'indice di confinamento, secondo quanto indicato in Tabella 4.1.

Tabella 4.1 - Classi di confinamento sulla base del Gc e Ic (Rinaldi *et al.*, 2014).

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

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

Tale STEP definisce la morfologia attuale dell'alveo, anche se derivante da interventi antropici, e suddivide i segmenti tenendo conto della stessa. La morfologia dell'alveo considera elementi come il grado di confinamento, il numero di canali, la forma planimetrica e la configurazione del fondo (per gli alvei confinati). Una schematizzazione del sistema di classificazione morfologica deriva dall'ambito fisiografico nel quale il corso d'acqua è inserito e prima definito. Da esso dipendono le condizioni di confinamento, secondo lo schema riportato in Fig. 4.4.

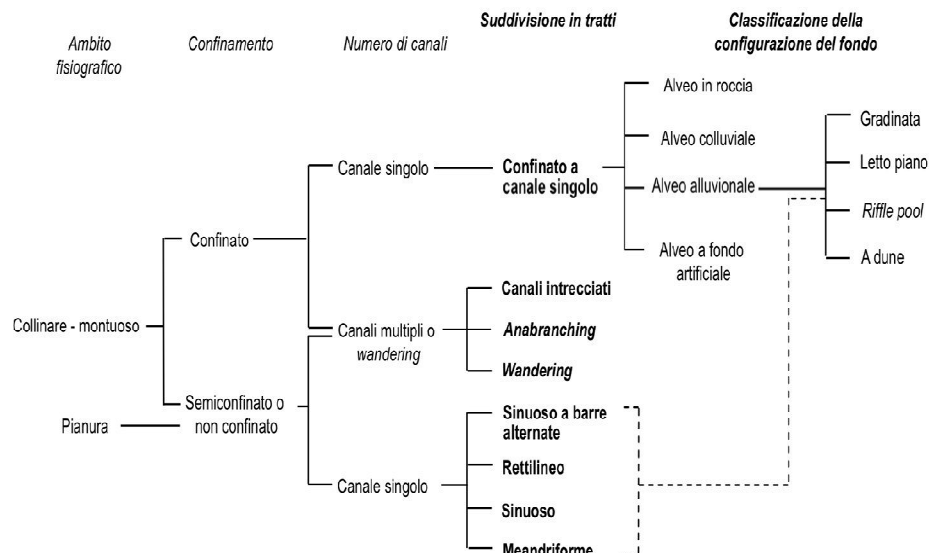


Figura 4.4 - Criteri di classificazione morfologica basati sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo. La classificazione morfologica funzionale alla suddivisione in tratti si basa sul numero di canali e sulla forma planimetrica, mentre a un successivo livello di approfondimento si può procedere alla classificazione della configurazione del fondo (Rinaldi *et al.*, 2014).

La definizione della morfologia fluviale dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati, è fatta attraverso l'analisi G.I.S. di immagini tele rilevate, per mezzo della valutazione dei seguenti indici:

- **Indice di sinuosità:** Rapporto tra la lunghezza misurata lungo il corso d'acqua (l_a) e la lunghezza misurata per lo stesso tratto secondo la direzione del tracciato planimetrico complessivo del corso d'acqua ($l_1 + l_2 + l_3 + \dots$). Si utilizza per classificare gli alvei a canale singolo, meno rilevante per gli alvei a canali multipli.
- **Indice di intrecciamento:** Numero di canali attivi separati da barre. Si utilizza per definire gli alvei a canali intrecciati e quelli wandering (a bassa sinuosità, larghezza > 30 m), meno rilevante per tipologie di alveo a canale singolo.
- **Indice di anabranching:** Numero di canali attivi separati da isole (larghezza > 30 m). Si utilizza per definire gli alvei di tipo anabranching (alvei a canali multipli separati a isole vegetate), meno rilevante per gli alvei a canale singolo.

La delimitazione dell'alveo è di nodale importanza per la misura degli indici necessari per la definizione della morfologia fluviale e per la larghezza dell'alveo stesso. L'alveo a 'piene rive' o *bankfull channel*, racchiude quella zona dell'alveo soggetta a variazioni morfologiche dovute alla mobilitazione e al trasporto di fondo del materiale sedimentario, è distinguibile dalla presenza di un canale o dai canali attivi e le barre. Di seguito si schematizzano le morfologie fluviali ed i valori di soglia degli indici utilizzati per la classificazione delle morfologie dei corsi d'acqua non confinati e semiconfinati (Tabelle 4.2 e 4.3).

Tabella 4.2 - Differenze tra le varie morfologie fluviali in termini di indici di sinuosità, intrecciamento e *anabranching* oppure in termini di altre caratteristiche morfologiche distintive.
(Rinaldi *et al.*, 2014)

TIPOLOGIA	INDICE DI SINUOSITA'	INDICE DI INTRECCIAMENTO	INDICE DI ANABRANCHING
Rettilinei (<i>R</i>)	$1 \leq I_s < 1.05$	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Sinuosi (<i>S</i>)	$1.05 \leq I_s < 1.5$	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Meandriiformi (<i>M</i>)	≥ 1.5	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)	1 - 1.5 (di norma pari o prossimo a 1)
Sinuosi a barre alternate (<i>SBA</i>)	< 1.5	Prossimo a 1	Prossimo a 1
Wandering (<i>W</i>)	< 1.5	$1 < I_i < 1.05$	$1 < I_a < 1.05$
Canali Intrecciati (<i>CI</i>)	Qualunque (di norma basso)	≥ 1.5	< 1.5
Anabranching (<i>A</i>)	Qualunque (anche > 1.5)	Qualunque (di norma basso)	≥ 1.5
Altre caratteristiche morfologiche distintive			
Rettilinei (<i>R</i>)	Per essere definiti rettilinei il tracciato planimetrico deve essere effettivamente circa rettilineo. La soglia dell' I_s non è significativa nel caso di alvei semiconfinati con pianura stretta, per i quali il basso valore dell'indice può essere dovuto al fatto che l'asse del tracciato planimetrico è simile all'asse dell'alveo in quanto il fondovalle ha un andamento esso stesso sinuoso (in tali casi, il corso d'acqua va definito sinuoso anche per $I_s < 1.05$)		
Rettilinei (<i>R</i>) o sinuosi (<i>S</i>)	Rispetto a <i>SBA/W</i> : Presenza discontinua (o assenza) di barre laterali (lunghezza barre laterali $< 80\%$)		
Sinuosi a barre alternate (<i>SBA</i>)	Rispetto a <i>R/S</i> : Presenza discontinua o quasi di barre laterali (lunghezza barre laterali di norma $> 80\%$). Rispetto a <i>W</i> :alveo relativamente più stretto; assenza (o limitata presenza) di intrecciamento o <i>anabranching</i> .		
Wandering (<i>W</i>)	Rispetto a <i>R/S</i> : Presenza continua o quasi di barre laterali (lunghezza barre laterali di norma $> 80\%$). Rispetto a <i>SBA</i> :alveo relativamente più largo; presenza significativa di fenomeni di intrecciamento e/o <i>anabranching</i> .		

I limiti dell'alveo sono dati dalla presenza di piana inondabile o dal terrazzo più basso che è a stretto contatto con l'alveo. Le tipologie dei corsi d'acqua sono ripartite secondo tre indici fondamentali: sinuosità, intrecciamento e anabranching. Nel caso delle tipologie di transizione, cioè sinuoso a barre alternate e wandering, non è possibile attribuire con esattezza il valore di tali indici e ci si avvale di osservazioni di tipo qualitativo e della larghezza delle barre laterali, generalmente almeno > 80% del tratto. Gli indici planimetrici non devono misurarsi indistintamente per tutte le morfologie. L'indice di sinuosità si usa per distinguere le tipologie a canale singolo, gli indici di intrecciamento e anabranching sono adoperati su morfologie a canali multipli.

Tabella 4.3 - Morfologie fluviali preferenziali in relazione ai principali ambiti fisiografici di pianura in Italia (Rinaldi *et al.*, 2014).

AMBITO FISIOGRAFICO	MORFOLOGIE PREFERENZIALI
<i>Settore appenninico ed isole</i>	
Pianure intermontane appenniniche, alta pianura o tratti non confinati/semiconfinati in aree collinari appenniniche con prevalenza di rocce dure nel bacino e pendenze della valle relativamente elevate.	Transizionali-canali intrecciati
Pianure intermontane appenniniche, alta pianura o tratti non confinati/semiconfinati in aree collinari appenniniche con prevalenza di rocce tenere nel bacino e pendenze della valle relativamente basse.	Sinuosi-meandriformi-transizionali
Bassa pianura (o pianura distale)	Rettilinei-sinuosi-meandriformi

Le tipologie utilizzate nel Sistema sono state definite tenendo conto dell'ambiente italiano e delle esperienze maturate nell'ambito delle ricerche condotte a scala nazionale. In considerazione della forma planimetrica si distinguono le seguenti diverse tipologie di corsi d'acqua:

Rettilineo: Corsi d'acqua a canale singolo, indice di intrecciamento pari o prossimo a 1, e indice di sinuosità inferiore a 1.05 (Brice, 1975; Malavoi e Bravard, 2010). La tipologia è indice di antropizzazione, in natura è difficile riscontrare corsi d'acqua con questa forma. Nei siti dove è rilevato, i tratti



non sono più lunghi di 10 volte la larghezza dell'alveo. Il termine alveo rettilineo si impiega per quei corsi d'acqua non confinati o semi-confinati, con pianura abbastanza ampia e tracciato planimetrico all'incirca rettilineo.

Figura 4.5 – Alveo rettilineo: La Dora a Bardonecchia (Regione Piemonte, 2008)

Sinuoso: Tale tipologia di alvei ha un indice di sinuosità generalmente superiore a 1.05, sino ad accettare un massimo valore di 1.5 (Leopold e Wolman, 1957). Per gli alvei semi-confinati, il grado di sinuosità può essere accettato per valori inferiori a 1.05 nel caso che il tracciato si discosti molto da un andamento rettilineo (Fig.4.6).



Figura 4.6 - Alveo sinuoso: Fiume Po (AA.VV, 2009).

Meandriforme: l'alveo è costituito da un canale singolo con indice di intrecciamento vicino a 1, mantiene una evoluzione sinuosa che determina il susseguirsi quasi regolare di meandri. Il parametro principale della morfologia è l'indice di sinuosità. Leopold e Wolman (1957) classificano meandriiformi alvei con indice superiore a 1.5 (Fig. 4.7).



Figura 4.7 - Alveo meandriforme: Fiume Tagliamento, Comune San Michele al Tagliamento - Ufficio Turismo).

Transizionale: In questa categoria è possibile riscontrare alvei che presentano caratteristiche intermedie tra le altre tipologie (sinuosi, meandriiformi, canali intrecciati, *anabranching*). Le caratteristiche di un alveo transizionale riguardano principalmente una larghezza relativa e la poca profondità, con barre emerse che rivestono una percentuale elevata dell'alveo, con la differenza che l'intrecciamento è più basso o completamente assente rispetto alle altre tipologie. Tale caratteristica si può esprimere come la lunghezza delle barre laterali che presentano un valore elevato, di norma superiore all'80%, spesso al 90% (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014;).

Pertanto, se consideriamo le caratteristiche di intrecciamento, si possono distinguere le seguenti tipologie:

Wandering: corsi d'acqua con un alveo relativamente più largo (Figura 4.8), intrecciamenti locali diffusi (indice superiore a 1 ma inferiore a 1.5), situazioni locali con presenza di tipologia anabranching, ovvero presenza locale di isole, con indice di anabranching che può essere maggiore di 1. Church (1983) utilizzò il termine *wandering* per individuare una situazione intermedia tra *anabranching* e meandriforme (*wandering* di tipo 2 secondo Carson, 1984)

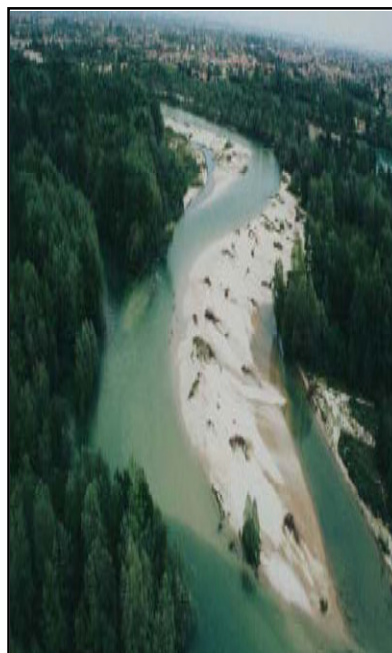


Figura 4.8 - Alveo Wandering (Lazzaro, 2015).

Sinuoso a barre alternate: simile ai precedenti (Figura 4.9), l'alveo è meno largo e meno intrecciato (indice prossimo a 1). Si distingue una differenza in dimensioni e pattern planimetrico tra canale di magra e alveo di piena, con un canale stretto e molto sinuoso all'interno di un alveo in condizioni formative (bankfull) e una sinuosità medio - bassa (indice tra 1.05 e 1.45) (Rinaldi, 2006). Alcuni autori utilizzano il termine di *pseudomeandriiformi* (Teruggi *et al*, 1998;) spesso lo stesso *wandering* (Billi, 1988).



Figura 4.9 - Alveo sinuoso a barre alternate (Rinaldi et al, 2015).

Canali intrecciati: Sono caratterizzati da diversi canali separati da barre (Figura 4.10). L'indice di intrecciamento diventa il criterio basilare, in letteratura non sono stati individuati dei valori omogenei. I corsi d'acqua con valori dell'Indice superiori a 1.5 possono definirsi come a canali intrecciati.



Figura 4.10 Alveo canali intrecciati: Fiume Tagliamento (Surian *et al.*, 2009)

Anabranching: alvei con molteplicità di canali, dominati da isole, vegetate o comunque stabili (Figura 4.11), che frammentano il flusso in diversi rami (Nanson, 2013). A differenza dei corsi d'acqua a canali intrecciati, negli alvei di tipo anabranching, il pattern resta pluricursale anche in situazioni di portata a “*piene rive*”. Il parametro decisivo è l'indice di anabranching, il quale dovrà essere > 1.5.

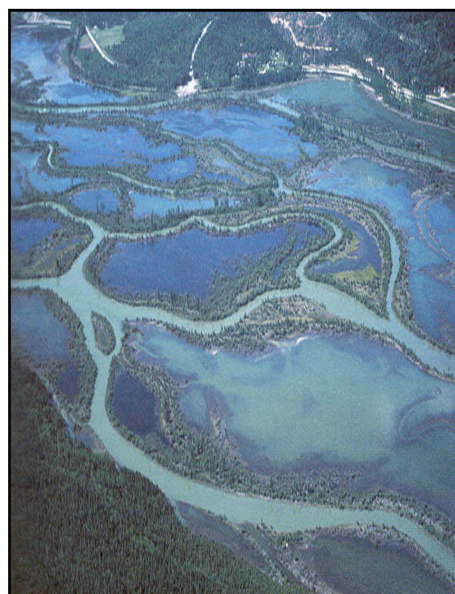


Figura 4.11: Alveo Anabranching di tipo anastomizzato (Rinaldi *et al.*, 2014).

Gli altri dati fondamentali per caratterizzare il tratto riguardano:

- ✓ *Pendenza media del fondo (S)*: è data dal rapporto tra la differenza di quota del fondo e la distanza misurata lungo l'alveo (adimensionale). In mancanza di rilievi topografici passati, una stima di prima approssimazione è data dalle carte topografiche;
- ✓ *Larghezza dell'alveo (La)* (in ml): corrisponde alla larghezza dell'alveo in condizioni di "piene rive (bankfull channel);
- ✓ *Sedimenti dominanti dell'alveo*: indica la tipologia di sedimenti prevalenti nella zona più attiva dell'alveo (canale e barre), la preferenza è attuata tra le classi granulometriche: argilla ($d < 0,002$ mm); limo ($0,002$ mm $< d < 0,0625$ mm); sabbia ($0,0625$ mm $< d < 2$ mm); ghiaia (2 mm $< d < 64$ mm), ciottoli (64 mm $< d < 256$ mm); massi ($d > 256$ mm). Nel caso di sedimenti eterogenei, si possono indicare più di una classe

<i>Altre discontinuità e suddivisione finale in tratti (STEP 4)</i>
--

Si procede nello STEP alla suddivisione dei segmenti in tratti omogenei, tenendo in considerazione i seguenti fattori in grado di determinare discontinuità nella morfologia del corso d'acqua:

- *Discontinuità della pendenza del fondo*: Il parametro è valevole per i tratti semi-confinati e confinati delle porzioni medio - alte del bacino, eventuali variazioni di pendenza delimitano il tratto.
- *Discontinuità idrologiche: presenza di affluenti*. Un affluente è significativo qualora l'area del sottobacino da esso sotteso sia pari ad almeno un terzo riguardo all'intera area di drenaggio del corso d'acqua principale considerata alla sezione di confluenza.

- *Variazioni di unità morfologiche:* Le variazioni di unità morfologiche sono determinate in un tratto del corso d'acqua che pur avendo la stessa planimetria, presenta un cambiamento della presenza e/o frequenza di unità morfologiche (barre, isole).
- *Variazioni delle dimensioni della Pianura e/o dell'indice di Confinamento:* Un tratto, pur essendo semi-confinato, può tuttavia avere alcune parti con una rilevante riduzione della pianura per la contiguità dei versanti che impedisce la mobilità laterale.
- *Variazioni della granulometria dei sedimenti:* Le variazioni di granulometria nei sedimenti costituiscono causa di suddivisione, lì dove esiste un transito a sedimenti con variazioni dimensionali notevoli.
- *Forte artificializzazione:* La presenza di dighe e altre discontinuità, definisce una netta separazione tra un vaso molto esteso a monte e di un tratto immediatamente a valle con rilevante diminuzione delle portate di piena e di sedimenti. Anche le *Briglie di Trattenuta* di considerevole altezza (di solito maggiori di 5 – 6 m) e *Traverse* di una determinata dimensione, sono delle discontinuità espressive, riscontrandosi il caso d'intercettazione totale del trasporto solido di fondo che le rende paragonabili agli invasi di maggiori dimensioni. In alvei montani, l'artificialità con *Cunettoni* o *Sequenze di Briglie di Consolidamento* molto prossime tra loro, diventa un criterio di classificazione per la morfologia d'alveo (a fondo artificiale). In caso di minore "irrigidimento" del corso d'acqua montano e nel caso di alvei in pianura, l'artificialità non impedisce l'attribuzione di un alveo a una tipologia morfologica poiché i parametri planimetrici sono ancora misurabili.

Suddiviso in corso d'acqua in tratti, è opportuno raccogliere successivi dati e informazioni, con riferimento:

- ✓ *Area di drenaggio* sottesa alla chiusura del tratto.
- ✓ *Diametro dei sedimenti*: qualora vi fossero dati e informazioni inerenti a misurazioni granulometriche del tratto medesimo.
- ✓ *Portate liquide*: i dati e le informazioni sulle portate significative per gli aspetti morfologici, concernono portata media annua (Q_{med}), portata $Q_{1.5}$ (tempo di ritorno almeno di 1.5 anni), portate massime (tempi di ritorno di almeno 10 anni).
- ✓ *Portate solide*. Occorre pensare, almeno per i corsi d'acqua principali, la creazione di bilanci di sedimenti con metodi geomorfologici.
- ✓ *Opere di alterazione delle portate liquide e solide nel bacino*: le opere di Sistemazioni idrauliche forestali in grado di alterare le portate liquide sono classificate come *Dighe*, *Casse di espansione*, *Derivazioni*, *Canali Diversivi o Scolmatori*. Occorre osservare la loro ubicazione, l'anno di realizzazione, il funzionamento e l'entità delle portate liquide. Le opere di alterazione delle portate solide solitamente sporgono dal fondo dell'alveo causando un'intercettazione del trasporto solido di fondo totale o parziale, come *dighe*, *briglie* e *traverse*.

Dopo la suddivisione in tratti, si può procedere alla successiva fase di caratterizzazione e classificazione delle unità morfologiche, ciò diventa utile contributo nelle successive fasi di valutazione dello stato attuale e di monitoraggio. Tale caratterizzazione è inerente ai principali corsi d'acqua confinati a canale singolo che, pur costituendo una categoria con proprie connotazioni, possono differenziarsi in sotto-tipologie in funzione della configurazione del fondo dell'alveo. Le morfologie principali a scala di unità di alvei alluvionali a fondo mobile e semi-alluvionali a canale singolo, sono rappresentate in Figura 4.12.

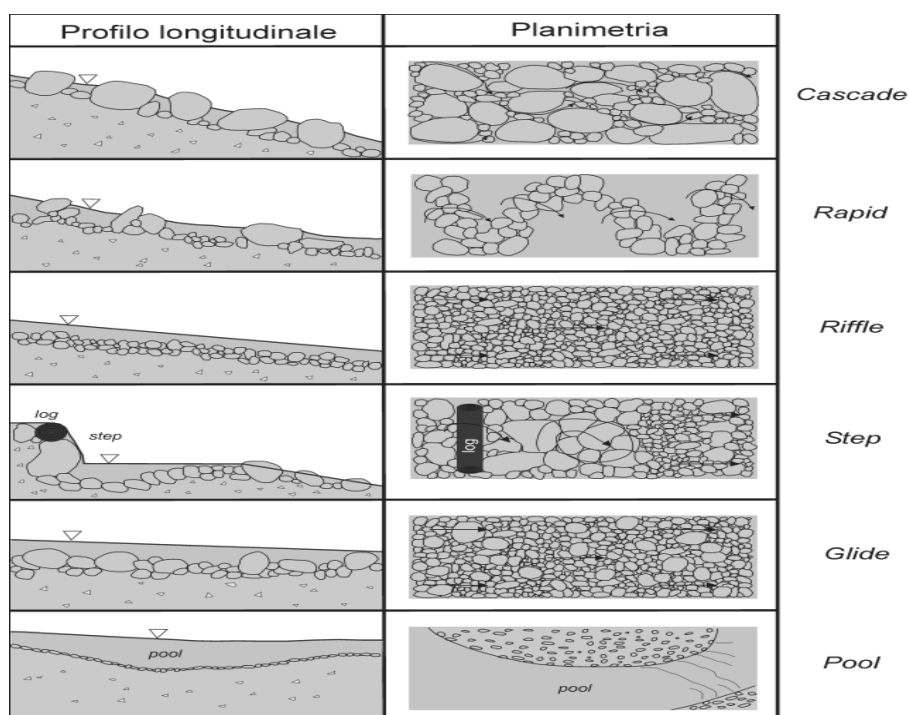


Figura 4.12 - Principali morfologie a scala di unità in alvei alluvionali a pendenza elevata, (modificato da Halwas e Church., 2002; Rinaldi *et al.*, 2014).

CARATTERIZZAZIONE E ANALISI DELLE CONDIZIONI ATTUALI DEL SISTEMA FLUVIALE (Sottofase 3)

In quest'ultima Sottofase sono richieste dal Sistema alcune informazioni sulla caratterizzazione del sistema fluviale nelle sue condizioni attuali. In un primo momento sono richieste alcune indicazioni sui criteri utili all'individuazione delle principali sorgenti e dei processi di produzione di sedimenti all'interno del bacino. Sono analizzati in seguito processi e fattori che prendono parte al trasferimento di sedimenti all'interno della rete idrografica e che determinano la distribuzione delle morfologie fluviali individuate e classificate nel corso della suddivisione in tratti. Le sorgenti di sedimento sono quelle zone del bacino da cui hanno origine i sedimenti

convogliati alla rete idrografica. In merito alle sorgenti e produzione di sedimenti, le attività consistono nell'identificazione delle principali sorgenti di sedimento sui versanti, nella valutazione del grado di attività e di collegamento con la rete idrografica e possibile stima dei sedimenti immessi nei corsi d'acqua (Wohl *et al.*, 2005). I processi di produzione e trasporto di sedimento sono complessi e riconducibili alle seguenti categorie principali:

- Degradazione meteorica, insieme di processi di disgregazione fisica e alterazione chimica che agisce sulla roccia esposta agli agenti atmosferici, processi che agiscono in tempi abbastanza lunghi;
- Erosione fluviale, dovuta alla corrente fluviale con mobilitazione di singole particelle o aggregati lungo il contorno della sezione fluviale, del fondo e delle sponde;
- Erosione glaciale, ad opera dei ghiacciai;
- Dilavamento, fenomeni di erosione causati dal deflusso superficiale delle acque sui versanti (erosione areale, a rivoli, a solchi);
- Movimenti di massa, fenomeni franosi di diverso tipo che trasportano a valle il sedimento lungo i versanti e le aste colluviali.

La quantificazione dei processi di produzione di sedimenti è stata oggetto di numerose ricerche, fondamentalmente concentrate sulla modellazione dei processi di erosione superficiale dovuta a dilavamento.

Un'altra analisi pertinente a questa sottofase sono i processi fluviali che avvengono nella rete idrografica, dove si considerano i diversi processi di alimentazione, trasferimento e deposizione di sedimenti all'interno della rete idrografica e si distinguono i seguenti aspetti:

- Ricarica di sedimenti e connettività nella rete idrografica;
- Distribuzione spaziale delle morfologie fluviali e fattori di controllo;
- Distribuzione spaziale della potenza della corrente;
- Capacità di trasporto e bilanci di sedimenti.

In merito alla ricarica di sedimenti, consiste nell'individuazione dei tratti semiconfinati e non confinati della rete idrografica con diversa propensione alla mobilità laterale (erosione delle sponde). La distribuzione spaziale delle morfologie fluviali si può eseguire tramite una sintesi dei risultati della suddivisione spaziale del reticolo idrografico che visualizzi, con mappe realizzate in ambiente GIS, le morfologie dei corsi d'acqua del bacino in relazione ad alcuni fattori oggetto di controllo (Zanoni *et al.*, 2008). Tali fattori comprendono la distribuzione delle unità fisiografiche, la larghezza della pianura e dell'alveo e la pendenza del fondo.

La distribuzione spaziale della potenza della corrente è uno dei principali fattori che controllano le morfologie fluviali e la loro ripartizione nel bacino idrografico (Lawler., 1992; Nanson e Croke, 1992; Knighton, 1999; Fonstad., 2003). E' un parametro utilizzato per classificare i tratti in erosione o sedimentazione e per compiere il bilancio di sedimenti, dato dalla differenza tra portata solida proveniente da monte e capacità di trasporto del corso d'acqua nel tratto. I bilanci di sedimenti possono essere utilizzati a varie scale spaziali e con diverse finalità e gradi di dettaglio. Ad esempio, alla scala dell'intero corso d'acqua è possibile realizzare un bilancio di sedimenti nei vari tratti per valutare le tendenze (propensione alla sedimentazione o erosione) e per quantificare i sedimenti in sedimentazione o in erosione. Tali analisi sono utili per vari aspetti del Sistema IDRAIM. Esse consentono una migliore comprensione e una quantificazione dei fattori che controllano la distribuzione spaziale delle morfologie e dei processi dominanti all'interno della rete idrografica. Inoltre permettono di avere conoscenze di base in grado di supportare le analisi delle condizioni di qualità e di pericolosità legate alla dinamica morfologica. Tale aspetto, in considerazione degli obiettivi citati, non è stato affrontato nel presente lavoro di ricerca.

4.2 Fase 2 Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

La Fase 2 si articola in tre sottofasi, come rappresentato in Figura 4.13. Nel presente paragrafo si riporta una sintesi di quanto descritto nel manuale tecnico (Rinaldi *et al.*, 2014). La prima sottofase riguarda l'evoluzione passata del sistema fluviale e delle morfologie attuali, si descrive l'origine delle tipologie fluviali osservate all'attualità e quali fattori potrebbero avere condizionato l'evoluzione. Le rimanenti due sottofasi, sono le basi metodologiche per valutare in simultaneità, con il sussidio di corretti indici e di eventuali metodologie di esame, i due aspetti che determinano il sistema *IDRAIM*, cioè la qualità morfologica e la pericolosità da dinamica morfologica.



Figura 4.13 - Suddivisione della Fase 2 in sottofasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

Una valutazione integrata di questi aspetti consente di mostrare le criticità del sistema fluviale esaminato. Stante la finalità del lavoro eseguito, si tratteranno in maniera approfondita gli aspetti che si riferiscono alla qualità morfologica e alla dinamica morfologica, con un approccio sintetico all'analisi dell'evoluzione passata. Saranno riportati, in breve sintesi, le metodologie applicate e i risultati raggiunti nel lavoro di ricerca effettuato presso il Di3A, con la finalità di fornire un quadro esauriente in grado di facilitare la comprensione nell'applicazione del sistema ai corsi d'acqua osservati.

ANALISI DELL'EVOLUZIONE PASSATA (Sottofase 1)

Il punto sostanziale della sottofase riguarda le variazioni morfologiche occorse negli alvei fluviali e le cause annesse. Le analisi sono possibili per corsi d'acqua di dimensioni almeno superiori ai 20-30 metri, dove l'utilizzo di cartografia storica è facile. Inoltre, nei corsi d'acqua confinati le variazioni morfologiche sono di piccola entità e difficilmente sono valutabili. E' fondamentale, inizialmente, caratterizzare i due diversi orizzonti temporali di riferimento: la scala degli ultimi 100-150 anni (media scala temporale), dove si osservano le variazioni morfologiche totali e la scala degli ultimi 10-15 anni, nel cui ambiente si analizzano le tendenze attuali. In merito all'applicazione della scala spaziale, ciò dipende dal grado di dettaglio dello studio e dalle specifiche finalità del progetto.

I parametri adoperati per l'analisi delle variazioni morfologiche di un alveo, sono diversi, in questa sede si riportano i principali che possono essere di oggetto di una agevole analisi e di seguito espressi.

Variazioni della configurazione morfologica

Si fondano sui tre indici impiegati nella classificazione delle morfologie fluviali.

- Indice di sinuosità: l'analisi di tale indice si attribuisce a un'unica distanza verso valle, normalmente quella attuale dell'alveo, relativa all'ultimo volo aereo disponibile.
- Indice di intrecciamento: funzione dello stato idrometrico del corso d'acqua, si adoperano dati che riproducano stati idrometrici analoghi. La stima delle variazioni diventa spesso approssimata, le misure si possono attribuire a stati idrometrici diversi e le valutazioni eseguite da cartografia si fondano su una raffigurazione morfologica non funzionale alla stima di tale parametro (Surian e Rinaldi, 2003).
- Indice di anabranching: si basa sull'esistenza di isole che essendo stabili, dipendono minimamente dal livello idrometrico del corso d'acqua. Rimane una certa approssimazione nelle misure realizzate da cartografia.

Variazioni della larghezza dell'alveo

Si utilizzano fonti planimetriche diverse (cartografia, foto aeree e immagini satellitari) per un raffronto multi temporale delle variazioni di larghezza. Consente di adattare le diverse misure riferendosi alla tipologia d'alveo ed al grado dettaglio che si vuole conseguire. Le sezioni di analisi devono essere ortogonali all'asse, bisogna servirsi di assi diversi qualora l'alveo trasformi la sua direzione nel tempo. Per comparare le larghezze calcolate con le sezioni e per il rapporto "area alveo/lunghezza alveo" (Aa/l), occorre che venga tracciato l'asse dell'alveo per ogni anno analizzato.

Variazione della quota del fondo

Per quota di fondo s'intende la quota di massimo fondo, identificata dal punto di "Thalweg" (più basso), in altre parole si può intendere la quota media del fondo dell'alveo. Una comparazione multi temporale della quota di fondo, utilizzando sezioni trasversali, presume l'ausilio della quota media con minori problemi sui rimanenti parametri.

Un altro aspetto della sotto-fase è l'analisi delle variazioni generali sul terreno avvenute in una o diverse fasi di incisione, riscontratesi con inizio dalla fine del XIX / inizi del XX secolo, che da qualche tempo seguono una fase di sedimentazione o equilibrio. Per le finalità del metodo, sono di considerevole interesse le piane inondabili diventate inattive negli ultimi 100 – 150 anni. La mancanza di un terrazzo denota una mancata incisione, se l'alveo è aggradato o in sedimentazione, la *sommità delle barre* è rilevabile a una quota maggiore riguardo a quella della pianura inondabile. Altro segnale è un'evidente *contropendenza della pianura*, con quote più sollevate vicino agli argini dell'alveo e degradanti in direzione del piano di campagna.

VALUTAZIONE E ANALISI DELLA QUALITÀ MORFOLOGICA (Sottofase 2)

Condizione di riferimento morfologica

La procedura di valutazione e monitoraggio delle condizioni morfologiche dei corsi d'acqua dovrà considerare le direttive contenute dalla W.F.D. Inevitabilmente bisogna riferirsi alla valutazione dello scostamento delle condizioni attuali riguardo a un certo stato di riferimento. La definizione dello *stato di riferimento* per i diversi aspetti morfologici potrebbe essere di difficile attuazione, rispetto ad altri aspetti analizzati per

la WFD. La parte più rilevante dei sistemi fluviali d'Europa (Petts *et al.*, 1989; Billi *et al.*, 1997; Comiti, 2012) e in altri continenti (Montgomery, 2008), sono stati trasformati da interventi antropici, interferendo con elementi climatici e geologici. La variabilità climatica ha avuto anch'essa un ruolo importante sulle scale temporali (Bravard, 1989; Rumsby e Macklin, 1996), occorre osservare la dinamica di tali sistemi. Ogni tratto di un corso d'acqua ha una sua evoluzione in termini di morfologia d'alveo. In merito al *percorso di evoluzione*, un corso d'acqua quale sistema complesso è oggetto di trasformazione continua della propria morfologia in funzione delle condizioni al contorno, riguardo in particolare a differenziazioni dei flussi liquidi e di sedimenti (Dufour e Piégay, 2009). Se si valuta che un sistema fluviale può essere cambiato nel corso del tempo, non è utile riferirsi a condizioni passate che manifestino condizioni al contorno sostanzialmente disuguali a quelle attuali. Nella determinazione delle condizioni di riferimento per l'IQM, devono essere considerati: (i) le nozioni di evoluzione; (ii) i requisiti della WFD; (iii) il contesto proprio dei corsi d'acqua italiani, interessati da fattori antropici per un ampio arco temporale (Billi *et al.*, 1997; Surian e Rinaldi, 2003; Comiti, 2012). Le condizioni di riferimento per determinare l'IQM, sono state considerate riguardo a condizioni geomorfologiche indisturbate e naturali, o solo debolmente disturbate, vagliando le tre componenti che costituiscono la base per la valutazione seguente della qualità morfologica:

- *Funzionalità geomorfologica*: Le condizioni di riferimento sono la forma e i processi del corso d'acqua attesi per la tipologia morfologica in esame;
- *Artificialità*: La condizione di riferimento è assenza o interventi antropici esigui. Qualora si riscontrassero elementi antropici, dovrebbero produrre effetti marginali sulla morfologia dell'alveo;

- *Variazioni morfologiche*: L'alveo dovrebbe essere fermo o senza variazioni morfologiche nel "recente" passato (ultimi 100 anni circa).

Le condizioni di riferimento si avvertono in un corso d'acqua in equilibrio dinamico, nel luogo in cui il fiume compie i suoi processi naturali geomorfologici, l'artificialità manca o non altera notevolmente la dinamica del corso d'acqua a scala di bacino e di tratto (Rinaldi *et al*, 2008).

Ogni morfologia del corso d'acqua analizzato, passata attuale o futura, è un punto arbitrariamente scelto lungo la presunta traiettoria d'evoluzione (Fig. 4.14). L'impiego di una condizione di riferimento morfologica intesa quale configurazione precisa (meandriforme, a canali intrecciati, ecc.) in senso statico, potrebbe dare luogo a errori. Nella stessa condizione fisica si possono formare diverse tipologie in funzione delle condizioni al contorno, cioè di variazioni a scala di bacino e di tratto.

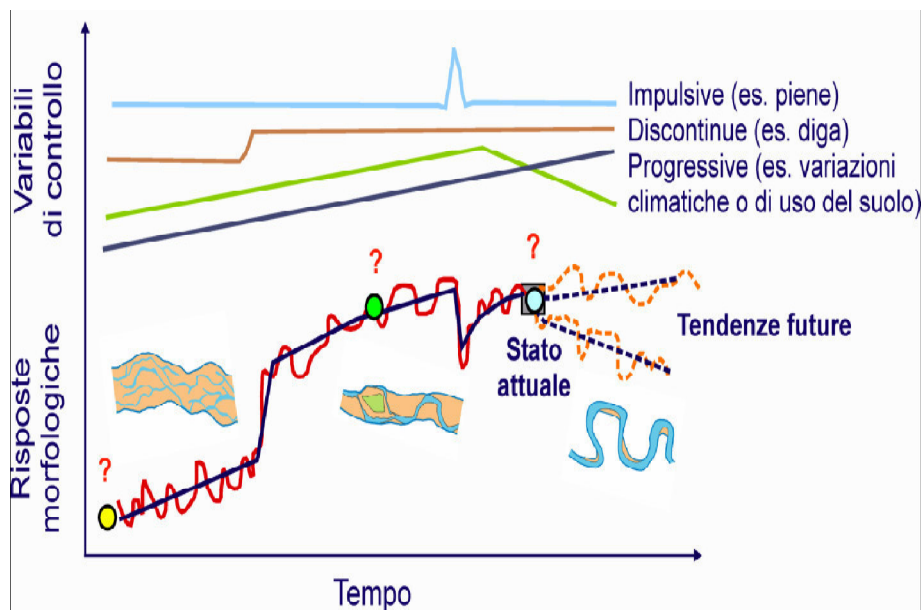


Figura 4.14 - Traiettorie di evoluzione e condizione di riferimento. Qualunque condizione di riferimento intesa come precisa configurazione morfologica è un punto arbitrariamente scelto lungo la traiettoria di evoluzione (Rinaldi *et al.*, 2014).

L'indice di qualità morfologica

Le caratteristiche prioritarie dell'IQM possono essere classificate come segue (Rinaldi *et al.*, 2014):

- ✓ La scelta delle variabili, indicatori, classi e punteggi sono stati definiti sulla base delle conoscenze ed esperienze specifiche di esperti e autori.
- ✓ Il metodo risponde ai requisiti della WFD ma può essere impiegato per la gestione dei corsi d'acqua.
- ✓ Il Sistema, realizzato per essere utilizzato dalle agenzie regionali che si occupano di corsi d'acqua, è stato redatto in maniera abbastanza semplice per consentire tempi di applicazione non troppo lunghi.
- ✓ Il Sistema è fondato sulla valutazione dei processi, anziché di forme fluviali, comprende quindi aspetti quali la continuità di flusso dei sedimenti e legname, la mobilità laterale, l'erosione delle sponde e le variazioni morfologiche.
- ✓ La componente temporale è espressamente considerata nel Sistema, l'analisi storica delle variazioni morfologiche determina infatti informazioni indispensabili su cause e tempi delle trasformazioni.
- ✓ Per le scale spaziali, è utilizzato un approccio gerarchico dove il tratto (nel quale le condizioni al contorno sono uniformi) è l'unità spaziale di base per la realizzazione della procedura (Brierley e Fryirs, 2005).
- ✓ La morfologia si valuta in termini di processi fisici, una qualità morfologica notevole non è necessariamente collegata a un buono stato ecologico. La dinamica morfologica di un corso d'acqua con processi fisici naturali spontanei, favoriscono altresì la creazione e la conservazione di habitat e sostengono l'integrità complessiva di un ecosistema (Kondolf *et al.*, 2003; Brierley e Fryirs, 2005; Habersack e Piégay, 2008).

Metodologie di analisi e campi di applicazione.

L'applicazione del Sistema prevede l'integrazione di due metodologie: *Analisi GIS da telerilevamento* e *Analisi e misure sul terreno*, che sono quelle adottate nello studio geomorfologico dei corsi d'acqua per la determinazione e valutazione delle condizioni attuali. Il telerilevamento (remote sensing) e l'analisi G.I.S. adoperano sia foto aeree per alcune operazioni (ricognizione iniziale, opere, uso del suolo, ecc.) nonché immagini da satellite, di agevole reperibilità e risoluzione geometrica elevata (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b). Il rilievo in campo si esegue con diverse misurazioni e strumenti (analisi granulometriche, misure topografiche, analisi geomorfologiche, ecc).

I campi di applicazione dei metodi d'analisi si riassumono di seguito:

- *Campi di applicazione ed analisi G.I.S. da telerilevamento:* i corsi d'acqua sono stati definiti come piccoli (P) con larghezze < 20 m circa; corsi d'acqua medi (M) con lunghezze $20 < L < 30$ m; corsi d'acqua grandi (G) con larghezze > 30 metri. Questo ci consente di definire anche le dimensioni minime campionabili e stimare le variazioni morfologiche. Le osservazioni dell'alveo con l'ausilio del G.I.S. vengono effettuate per corsi d'acqua grandi (> 30 m). Gli alvei con dimensioni inferiori possono avere valutazioni poco attendibili se non perfezionate da rilievi in campo.
- *Campi di applicazione di analisi e misure sul terreno:* per le azioni svolte in campo, riguardo alle dimensioni degli alvei esaminati non esistono limiti. I corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni richiedono analisi maggiori sul campo, l'utilizzo di immagini tele rilevate può avere errori rilevanti. L'analisi di corsi d'acqua di maggiore dimensione è utile anche per riscontrare nella fase di applicazione sul terreno gli aspetti accertati tramite immagini.

Gli aspetti **idromorfologici** sono trattati secondo una riorganizzazione sequenziale che, comprende (Tabella 4.4) nell'ordine:

- ✓ Continuità longitudinale e laterale;
- ✓ Morfologia, che comprende: la configurazione morfologica, la configurazione della sezione e la struttura e substrato dell'alveo;
- ✓ Vegetazione nella fascia perifluviale.

Tabella 4.4 - Valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie e aspetti trattati (Rinaldi *et al.*, 2014).

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

La valutazione e l'analisi della qualità morfologica effettuata con l'IQM, si suddivide in tre Categorie:

Funzionalità

La valutazione è effettuata con l'esame delle forme e dei processi del corso d'acqua nelle odierne condizioni, comparati a quelli attesi per la tipologia fluviale del tratto in esame.

Artificialità

Per questa componente si procede alla stima della presenza, frequenza e continuità delle opere o interventi antropici in grado di avere effetti sugli aspetti morfologici osservati.

Variazioni Morfologiche

Si osservano gli alvei non confinati e parzialmente confinati dove si valutano le variazioni morfologiche plano-altimetriche rispetto ad una condizione abbastanza recente (scala temporale degli ultimi 50/60 anni).

Le analisi sono effettuate con apposite *Schede di valutazione*, l'impiego integrato di analisi G.I.S. da immagini tele rilevate e rilevamenti sul terreno. Le Schede si distinguono per tipologia fluviale e dimensione del corso d'acqua, permettendo una valutazione corrispondente alle caratteristiche morfologiche della tipologia d'alveo alla quale il tratto si riferisce. In esse si utilizzano diversi indicatori che rappresentano attributi o descrittori qualificativi degli aspetti osservati (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014), nelle tabelle seguenti (4.5, 4.6 e 4.7) si riporta in maniera sintetica l'elenco degli indicatori messi a punto con le corrispondenti sigle ed i rispettivi punteggi attribuiti per ogni classe di risposta.

Tabella 4.5 – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la categoria Funzionalità geomorfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

FUNZIONALITA' GEOMORFOLOGICA						
Sigla	Indicatore	Campo di applicazione (Alvei)	Punteggi relativi agli indicatori di funzionalità			
			A	B	C	
Continuità						
F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso	SC/NC/C	0	3	5	
F2	Presenza di piana inondabile	SC/NC	0	3	5	
F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua	C	0	3	5	
F4	Processi di arretramento delle sponde	SC/NC	0	2	3	
F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile	SC/NC	0	2	3	
Morfologia						
Configurazione morfologica						
F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle	C	0	3	5	
F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica	SC/NC/C	0	3	5	
F8	Presenza di forme tipiche di pianura	SC/NC	0	2	3	
Configurazione Sezione						
F9	Variabilità della sezione	SC/NC/C	0	3	5	
Struttura e substrato alveo						
F10	Struttura del substrato	SC/NC/C	0	3	5	6
F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni	SC/NC/C	0		3	
Vegetazione fascia perifluviale						
F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale	SC/NC/C	0	2	3	
F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde	SC/NC/C	0	3	5	

Tabella 4.6 – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la categoria Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).

ARTIFICIALITÀ							
Sigla	Indicatore	Campo di applicazione (Alvei)	Punteggi relativi agli indicatori di artificialità				
			A	B		C	
Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte							
A1	Opere di alterazione delle portate liquide	SC/NC/C	0	3		6	
A2	Opere di alterazione delle portate solide	SC/NC/C	0	3	6	9	12
Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto							
A3	Opere di alterazione delle portate liquide	SC/NC/C	0	3		6	
A4	Opere di alterazione delle portate solide	SC/NC/C	0	4		6	
A5	Opere di attraversamento	SC/NC/C	0	2		3	
Opere di alterazione della continuità laterale							
A6	Difese di sponda	SC/NC/C	0	3		6	
A7	Arginature	SC/NC	0	3		6	
Opere di alterazione della morfologia dell'alveo e/o del substrato							
A8	Variazioni artificiali di tracciato	SC/NC	0	2		3	
A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato	SC/NC/C	0	3		6	8
Interventi di manutenzione e prelievo							
A10	Rimozione di sedimenti	SC/NC/C	0	3		6	
A11	Rimozione di materiale legnoso	SC/NC/C	0	2		5	
A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale	SC/NC/C	0	2		5	

Tabella 4.7 – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la categoria Variazioni morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).

Variazioni morfologiche						
Sigla	Indicatore	Campo di applicazione (Alvei)	Punteggi relativi agli indicatori di variazioni morfologiche			
			A	B	C	
Configurazione morfologica						
V1	Variazioni della configurazione morfologica	SC/NC	0	3	6	
Configurazione della Sezione						
V2	Variazioni di larghezza	SC/NC	0	3	6	
V3	Variazioni altimetriche	SC/NC	0	4	8	12

Come espresso nel Manuale Tecnico, ogni indicatore è valutato per mezzo di una o più variabili quantitative o qualitative, per la funzionalità si ricorre a valutazioni interpretative piuttosto che a parametri predeterminati. I punteggi assegnati ai relativi indicatori sono numeri interi non negativi che manifestano gli scostamenti riguardo alle condizioni di riferimento di un corso d'acqua non alterato, direttamente proporzionali al grado di alterazione di un indicatore. Inoltre sono differenziati sulla base dell'importanza relativa di ogni indicatore, tenendo in considerazione il peso che possa avere sul punteggio complessivo di ognuna delle tre componenti (Funzionalità, Artificialità e Variazioni). Le valutazioni, come espresso nelle tabelle, sono effettuate come risposte a tre classi (A, B, C). La risposta A significa uno scostamento nullo (assenza di alterazioni), mentre la risposta C significa un modesto scostamento (elevata alterazione). La somma finale dei punteggi consente una valutazione finale che individua un

Indice di Alterazione Morfologica (IAM) ed un **Indice di Qualità Morfologica IQM** = $1 - IAM$, con significato equivalente all'*EQR* (*Enviromental Quality Ratio*). Tale indice ha valore pari a 1 per un corso d'acqua inalterato e corrispondente alla condizione di riferimento, diventa pari a 0 per un corso d'acqua che si presenta completamente alterato. Sulla base dei valori conseguiti dalle somme finali dei punteggi, sono determinate le *classi di qualità morfologica* secondo quanto in Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Classi e punteggi di qualità morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

IQM	CLASSE DI QUALITÀ MORFOLOGICA
$0.0 \leq IQM \leq 0.3$	Pessimo o Cattivo
$0.3 \leq IQM \leq 0.5$	Scadente o Scarso
$0.5 \leq IQM \leq 0.7$	Moderato o Sufficiente
$0.7 \leq IQM \leq 0.85$	Buono
$0.85 \leq IQM \leq 1.0$	Elevato

L'*IQM* consente di classificare lo stato di qualità morfologica del tratto osservato, la classificazione dello stato morfologico di un corso d'acqua presume la valutazione di tutti i tratti che lo costituiscono (Loreggian, 2013; Rinaldi *et al.*, 2013; Rinaldi *et al.*, 2015). Lo stato morfologico di un corso d'acqua costituito da più tratti si ottiene dalla media pesata dell'*IQM* dei tratti sulla lunghezza degli stessi. Una sintesi delle criticità a scala di bacino è pertanto descritta dalla visualizzazione dell'*IQM*, che ha lo scopo di identificare le porzioni di bacino ed i tratti con alterazioni notevoli (Cencetti *et al.*, 2010).

VALUTAZIONE E ANALISI DELLA DINAMICA MORFOLOGICA (Sottofase 3)

Le principali specificità del Sistema *IDRAIM* per la valutazione della dinamica morfologica e la definizione dell'*IDM* si inquadrano nella problematica del Rischio idraulico, suddiviso nei due elementi rischio da esondazione e da dinamica morfologica. L'analisi della dinamica morfologica comprende due tipi di valutazioni a diverse scale spaziali:

- Valutazioni di tipo lineare, consiste nelle osservazioni alla scala del tratto del grado di dinamica morfologica del corso d'acqua.
- Valutazioni di tipo areale, consiste in una zonazione della pianura prossima al tratto del corso d'acqua, attraverso la definizione delle *fasce fluviali di dinamica morfologica*.

Nel Sistema *IDRAIM* sono stati definiti tre strumenti di classificazione ed analisi della dinamica morfologica che si differenziano per le scale spazio-temporali di indagine e per la struttura:

L'Indice di Dinamica Morfologica (IDM)

L'Indice di Dinamica Morfologica (*IDM*) valuta le condizioni di dinamica morfologica alla media-lunga scala temporale, con riferimento particolare alle variazioni morfologiche passate ed alle tendenze attuali di evoluzione. La procedura per la valutazione del *IDM* (Rinaldi *et al.*, 2014) si applica per i corsi d'acqua semiconfinati e non confinati, considera i processi che determinano i rischi da dinamica morfologica (variazioni del fondo, mobilità laterale) e da esondazione indotta, anche perché molti suoi indicatori valutano i processi di mobilità laterale. Le valutazioni del *MDI* si integrano con le metodologie impiegate per l'analisi del rischio da esondazione quali le analisi idrauliche e geotecniche sulla resistenza dei

manufatti (Rinaldi *et al.*, 2014). Inoltre esso è utile per valutare sia la pericolosità da dinamica morfologica che da esondazione, individuando quei tratti dove sono fondamentali modellazioni idrauliche e morfodinamiche con un'elevata dinamicità dell'alveo

L'indice si compone anche in questo caso di tre Categorie principali:

Morfologia e Processi

Si considerano le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde, processi e tendenze attuali a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni.

Artificialità

Prende in attenta valutazione le opere che in maggior misura influenzano i processi di dinamica morfologica quali opere trasversali e longitudinali.

Variazioni Morfologiche

Osservano le variazioni avvenute negli anni '50 del XX secolo che influenzano i vari tipi di pericolosità e le condizioni di instabilità.

La valutazione è realizzata tramite apposite schede di valutazione, attraverso le quali si attuano l'analisi e la valutazione con l'impiego di immagini tele rilevate e rilievi sul terreno. Le schede, analogamente all'IQM, considerano l'utilizzo di una serie di undici indicatori, per ciascuno dei quali sono assegnate una serie di possibili risposte. Per ogni indicatore è possibile attribuire risposte appartenenti alle classi (D-, C-, B-, A, B, C, D, E), il punteggio attribuito ad ogni indicatore è un numero intero non negativo. Il punteggio è direttamente proporzionale al grado di dinamica, punteggi maggiori comprovano dinamica morfologica più intensa per condizioni di naturalità ma basso controllo artificiale.

Si riporta nella Tabella 4.9 l'elenco degli indicatori delle schede di valutazione, indicati con le corrispondenti sigle e con i rispettivi punteggi per ogni classe di risposta:

Tabella 4.9 – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per l'Indice di Dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

Sigla	Indicatore	Campo di applicazione (Alvei)	Punteggi relativi agli indicatori della Dinamica Morfologica							
			D-	C-	B-	A	B	C	D	E
Morfologia e processi										
M1	Tipologia d'alveo	SC/NC	-	-	-	0	3	6	10	-
M2	Erodibilità delle sponde	SC/NC	-	-	-	0	2	4	6	8
M3	Erodibilità del fondo	SC/NC	-	-	-	0	2	4	6	8
M4	Processi di arretramento delle sponde	SC/NC	-	-	-	0	2	4	6	8
M5	Tendenze di larghezza	SC/NC	-	8	4	0	4	8	-	-
M6	Tendenze altimetriche	SC/NC	-	8	4	0	4	8	-	-
Artificialità										
A1	Difese di sponda	SC/NC	-	-	-	0	4	8	12	15
A2	Opere di rivestimento e consolidamento del fondo	SC/NC	-	-	-	0	4	8	12	15
Variazioni morfologiche										
V1	Variazioni della configurazione morfologica	SC/NC	-	-	-	0	3	5	-	-
V2	Variazioni di larghezza	SC/NC	-	5	3	0	3	5	-	-
V3	Variazioni altimetriche	SC/NC	10	6	3	0	3	6	10	-

L'esame di alcuni indicatori del tipo planimetrico avviene con la comparazione in ambiente GIS di immagini tele rilevate in diversi periodi. Analogamente all'analisi della qualità morfologica, in questo caso

l'utilizzabilità d'immagini con buone risoluzioni geometriche concede le opportune valutazioni anche a corsi d'acqua con larghezza < 30 metri.

Sulla base dei valori ottenuti dell'*IDM*, sono determinate le *classi di dinamica morfologica* come raffigurato in Tabella 4.10.

Tabella 4.10- Classi e punteggi di dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

IDM	CLASSE DI DINAMICA MORFOLOGICA
$0.0 \leq IDM < 0.2$	Molto bassa (<i>per elevata stabilità o controllo artificiale</i>)
$0.2 \leq IDM < 0.4$	Bassa
$0.4 \leq IDM < 0.6$	Media
$0.6 \leq IDM < 0.8$	Elevata
$0.8 \leq IDM < 1.0$	Molto elevata (<i>per rilevante instabilità</i>)

Classificazione di Dinamica di Evento (CDE)

Le condizioni di dinamica morfologica sono valutate alla scala dell'evento di piena, osservando gli indicatori che hanno peso più rilevante ed i fattori che causano locale ostruzione dei flussi liquidi e solidi, quali ad esempio le strutture di attraversamento. Come “evento” si intende un fenomeno di elevata magnitudo e quindi di bassa probabilità di accadimento. L'ordine di grandezza è paragonabile a quello degli eventi di maggior magnitudo tra quelli esaminati generalmente nella mappatura della pericolosità, con tempi di ritorno idrologici, fondati sulla frequenza della precipitazione causa dell'evento, >100 anni. Un contributo valido è offerto dall'indagine storica degli eventi passati, in genere ben documentati per il territorio italiano a partire dal XVI – XVII secolo.

I mutamenti manifestatisi nel corso degli anni hanno verosimilmente comportato cambiamenti nella relazione intercorrente tra magnitudo (intesa come portata solida e liquida) e frequenza nei bacini idrografici degli eventi di piena. Dove non ci sia disponibilità di notizie sugli eventi passati, uno strumento è l'osservazione dei fenomeni di piena riscontrati in bacini confinanti a quello in esame e paragonabile allo stesso come caratteristiche idrologiche, geologiche e morfometriche. La *CDE* ha l'obiettivo di capire l'attitudine di un certo tratto di reticolo idrografico a presentare variazioni del flusso quale risposta a processi di trasporto di sedimento e materiale legnoso attesi per un evento di riferimento. Le variazioni si hanno a una scala temporale molto breve, dell'ordine dei minuti o delle ore per la gran parte dei bacini idrografici italiani che hanno dimensioni abbastanza ridotte. Essa fornisce indicazioni attinenti alla pericolosità geomorfologica, normalmente non considerata nella definizione del rischio idraulico. Tuttavia la pericolosità derivante dalla dinamica d'alveo diventa rilevante in molte situazioni, si ipotizza talvolta più importante della pericolosità da esondazione.

Come per l'*IDM*, sono state approntate nel Sistema delle schede che supportano la procedura di valutazione della *CDE*. La classificazione dei tratti del reticolo idrografico secondo la loro predisposizione a mostrare delle variazioni nella geometria del flusso di piena, si effettua assegnando a ogni tratto una delle quattro classi previste di "dinamica di evento": *molto elevata*, alterazioni attese molto forti o alta probabilità che accadano occlusioni di sezioni dovute a un trasporto intenso di materiale legnoso; *elevata* per alterazioni forti o alta probabilità di occlusioni; *intermedia* se le variazioni attese sono di media entità e la probabilità che si verifichino occlusioni è bassa; *bassa* con variazioni di lieve entità e probabilità di occlusioni bassa.

Fasce fluviali di dinamica morfologica

Comprendono l'area collegata alla dinamica di un corso d'acqua che sottende l'attuale alveo del corso d'acqua e le aree prossime verosimilmente interessate dalla dinamica laterale. Le "fasce fluviali di dinamica morfologica" raffigurano il terzo metodo per definire la dinamica morfologica di un corso d'acqua nel metodo *IDRAIM*. Sono definite specialmente per alvei non confinati e semiconfinati e sono collegate agli altri due strumenti, *IDM* e *CDE*, adoperati per caratterizzare la dinamica di un tratto fluviale. Si definiscono due fasce:

- *Fascia di Dinamica Morfologica (FDM)*: comprende l'alveo attuale del corso d'acqua, le porzioni attive già dagli anni '50 del secolo scorso e le porzioni con possibile riattivazione, include fasce con opere che ne delimitano i contorni. Ha un'alta probabilità di venire interessata da dinamica laterale anche in mancanza di eventi di piena con magnitudo notevole.
- *Fascia di Dinamica di Evento (FDE)*: comprende l'alveo attuale del corso d'acqua, le aree di pianura attive negli ultimi 100-200 anni e le aree di probabile riattivazione. Sono fasce i cui limiti stabiliti dalla presenza di opere artificiali si possono trascurare perché la funzionalità delle stesse può essere pregiudicata da eventi estremi. .

4.3 Fase 3 Tendenze future

Questa Fase del Sistema riguarda l'evoluzione futura dei corsi d'acqua oggetto di osservazioni e si articola in due sotto-fasi (Fig. 4.15).



Figura 4.15 - Suddivisione della Fase 3 in sottofasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

Nella descrizione si riporta una sintesi di quanto rappresentato nel manuale I.S.P.R.A. (Rinaldi M. *et al.*, 2011a; Rinaldi M. *et al.*, 2011b; Rinaldi M. *et al.*, 2014). La prima sotto-fase prevede il monitoraggio morfologico, con la finalità di analizzare le tendenze evolutive e monitorare le modifiche delle condizioni di qualità e di pericolosità dei corsi d'acqua esaminati. La sottofase successiva osserva la previsione dei possibili scenari di evoluzione futura negli alvei fluviali, tenendo conto delle loro caratteristiche attuali e delle traiettorie di evoluzione passate.

MONITORAGGIO MORFOLOGICO (Sottofase 1)

Monitoraggio dell'alveo e del sistema fluviale

Le attività di osservazione degli *elementi morfologici naturali* presumono l'utilizzo di parametri specifici per il monitoraggio morfologico generale e riguardano:

- ✓ *Parametri planimetrici (Is, Ii, Ia, lunghezza sponde in arretramento, ampiezza e continuità piana inondabile)*
- ✓ *Profilo longitudinale (pendenza e variazione di quota del fondo)*
- ✓ *Sezione trasversale (larghezza e profondità alveo)*
- ✓ *Sedimenti del fondo e materiale legnoso*
- ✓ *Vegetazione nella fascia perifluviale*
- ✓ *Parametri idrologici*

In merito al *Monitoraggio degli elementi artificiali*, l'ubicazione e l'estensione lineare e/o areale delle opere possono essere raffigurate in ambiente G.I.S., georeferenziate e codificate. Le opere degne di attenzione sotto l'aspetto morfologico sono le dighe, diversivi e scolmatori, opere trasversali di trattenuta, di derivazione e di consolidamento, difese di sponda, arginature, rivestimenti del fondo, variazioni di tracciato, rimozione dei sedimenti e taglio di vegetazione perifluviale.

Monitoraggio della qualità morfologica

L'*Indice di Qualità Morfologica di monitoraggio (IQMm)* è utilizzato per le variazioni della qualità morfologica alla scala di alcuni anni, per esempio dopo l'esecuzione di interventi che in grado di modificare la qualità morfologica del corso d'acqua. Per il *Monitoraggio ai fini della WFD* (Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE) si utilizzano le stesse schede di applicazione dell'IQM e si prevedono tre tipi di monitoraggio:

- (1) *Monitoraggio di sorveglianza*: verifica le variazioni di lungo termine delle condizioni naturali e/o di quelle dovute ad attività antropica diffusa.
- (2) *Monitoraggio operativo*: verifica le alterazioni future di quei corsi d'acqua che possono non assicurare gli obiettivi della *WFD*, dove il rischio è dovuto a cause e pressioni idromorfologiche.
- (3) *Monitoraggio investigativo*: richiesto (a) dove non si conoscono le ragioni per cui non si raggiungono determinati obiettivi, (b) dove il monitoraggio di vigilanza indica che è probabile non si raggiungano alcuni

obiettivi ed occorre verificarne le cause (c) per verificare gli impatti di eventi accidentali (collasso di opere e/o realizzazione di nuove opere).

Monitoraggio della dinamica morfologica

Analogamente alla qualità morfologica, prevede i seguenti criteri:

(1) Valutazione per mezzo dell'Indice di Dinamica Morfologica (IDM) e della Classificazione della Dinamica di Evento (CDE). Essa suppone l'applicazione periodica della procedura o l'adeguamento degli indici sulla base delle variazioni di taluni indicatori;

(2) Monitoraggio e tendenze temporali di parametri morfologici: suppongono la conoscenza delle tendenze attuali delle variazioni morfologiche (larghezza, quota del fondo, arretramento delle sponde ecc.).

PREVISIONE DELL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA (sottofase 2)

L'utilizzo di modelli previsionali nel campo della Geomorfologia Fluviale ha un ruolo rilevante per la gestione dei corsi d'acqua. La previsione dell'evoluzione morfologica degli alvei fluviali è una questione complessa per la quale non esistono attualmente metodologie e strumenti consolidati e condivisi, sia in campo scientifico sia applicativo (Canuti e Casagli, 1994). Una delle incertezze principali sta nel fatto che i sistemi fluviali sono per natura non-lineari, qualunque modello applicabile è sensibile alla definizione delle condizioni iniziali e alla variabilità delle condizioni al contorno che sono in grado di impedire una previsione attendibile dell'evoluzione futura del sistema (Murray e Paola, 1994).

Tenendo conto di tali problematiche in Tabella 4.11 si riporta una breve rassegna delle metodologie disponibili e dei limiti per la previsione dell'evoluzione morfologica degli alvei fluviali.

Tabella 4.11- Sintesi delle principali caratteristiche di modelli previsionali in Geomorfologia Fluviale (Rinaldi *et al.*, 2014).

Tipo di modelli	Tipiche applicazioni	Vantaggi	Limiti	Scala spaziale
Concettuali	Indagini preliminari	Adatto per rapida valutazione e per ampie aree	Richiedono training ed esperienza in geomorfologia e capacità di osservazioni sul terreno	Dal sito all'intera asta fluviale
	Previsioni qualitative	relativamente semplici, richiedono poche risorse e dati limitati	Solo risultati qualitativi Applicabili solo a contesti simili a quello di costituzione del set di dati di riferimento	
Empirico statistici	Progettazione di alvei fluviali stabili	Facili da comprendere e utilizzare	Specificità applicazione al singolo sito Non forniscono informazioni su tassi di variazione	Sezioni rappresentative di tratti fluviali relativamente brevi
	Previsioni quantitative	Dati di input generalmente reperibili con relativa facilità	Richiedono una stima delle portate formative	
	Paleo-idrologia		Dimensionalmente inconsistenti	
Analitici	Progettazione di alvei fluviali stabili	Il miglioramento delle basi fisiche li rende spesso applicabili ad un range di situazioni	Forte semplificazione di alcuni processi e talora sono piuttosto complessi	Sezione/tratto
	Previsioni quantitative	Richiedono dati di input in genere acquisibili agevolmente Notevole rilevanza teorica	Non forniscono informazioni su tassi di variazione Richiedono in genere una stima delle portate formative	
Fisici	Impatti di interventi	Massima aderenza alla realtà	Costi e tempi di realizzazione molto elevati	Sito/tratto
	Verifica modelli numerici		Applicabili a contesti limitati nello spazio Simulazioni ad evento o per valori di portata di progetto/formativi; difficoltà di simulare serie idrometriche naturali	
Numerici	Progettazione di alvei fluviali	Range di condizioni di applicabilità molto ampio	Modelli complessi che richiedono training specifico ed esperienza	Dal sito all'intera asta fluviale
	Previsioni quantitative	forniscono previsioni anche di dettaglio	Dati di input richiesti piuttosto onerosi per quantità e dettaglio	

4.4 Fase 4 Gestione dei corsi d'acqua

La *Fase 4* del Sistema ha come obiettivo l'utilizzo delle conoscenze specifiche acquisite nelle fasi precedenti, dare in questo modo le linee guida per la selezione di strategie di gestione e di azioni eventuali, riguardo anche alle conflittualità ed alle probabili integrazioni tra quelli che rimangono i diversi obiettivi del sistema *IDRAIM*, come la valutazione della qualità morfologica da una parte e la valutazione della pericolosità morfologica dall'altra. La previsione degli interventi, anche se si sviluppa attraverso due percorsi diversi (Fig. 4.16), considera gli obiettivi prioritari della Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE) e della Direttiva Alluvioni (2007/60/CE.) Di seguito pertanto si riporta una sintesi di quanto illustrato nel manuale (Rinaldi *et al.*, 2014).

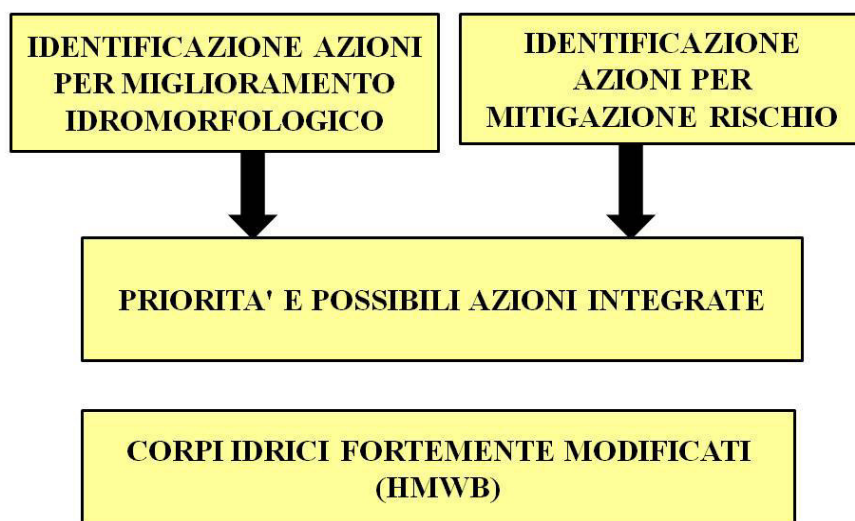


Figura 4.16 - Suddivisione della Fase 4 in sottofasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

La valutazione delle eventuali azioni da iniziare, prende in considerazione gli obiettivi prioritari di *qualità* e *sicurezza* imposti dalle direttive europee. Nei due percorsi, si possono distinguere diversi passaggi (Fig. 4.17). Si riconoscono e si valutano le corrispondenti criticità a scala di corpo idrico e/o di tratto e si individuano i modelli di azioni prioritarie. In seguito si identificano gli interventi probabili, determinando in termini di qualità e dinamica morfologica gli effetti e considerando i possibili rischi dovuti alla presenza nel tratto di elementi esposti. In conclusione si verificano i tratti a priorità di intervento e le tipologie di intervento migliori, ampliando la valutazione a una scala spaziale maggiore.

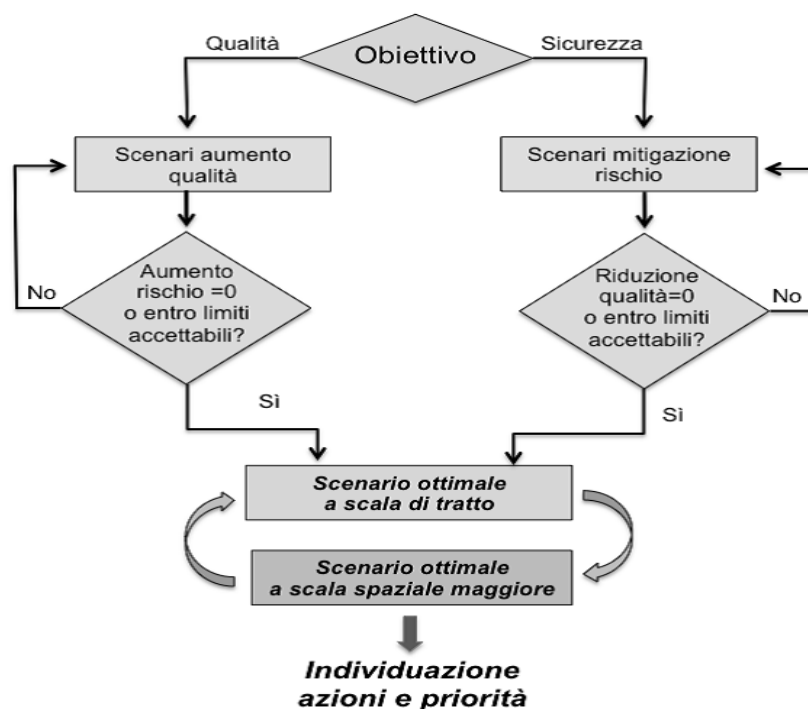


Figura 4.17 - Struttura schematica dei due percorsi finalizzati all'individuazione delle possibili azioni di gestione (Rinaldi *et al.*, 2014).

5 MATERIALI E METODI PER L'APPLICAZIONE DEL SISTEMA

5.1 Materiali

Le attività di ricerca sono state compiute a seguito delle più ampie attività scientifiche svolte a seguito della “Convenzione per studi applicativi e ricerche volti alla realizzazione del Sistema Informativo idromorfologico” già citata nell'introduzione. La metodologia prescelta ed implementata è stata quella messa a punto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.) per la Valutazione Idromorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua “IDRAIM”. Nell'attività di ricerca effettuata si è fatto riferimento allo specifico Manuale tecnico “IDRAIM - Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua” predisposto dall'Ente nella sua versione aggiornata (giugno 2014). Si riassumono di seguito, per facilità interpretativa e completezza, tecniche e metodologie applicate nelle fasi di attuazione del lavoro di ricerca svolto per la parte che è stata oggetto del presente lavoro (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2014; Arpa Piemonte, 2013).

5.1.1 GIS, Foto aeree e immagini satellitari

L'attività di ricerca è stata eseguita con l'analisi e la suddivisione in tratti, in ambiente geografico georiferito, dei sottobacini del Dittaino e del Dittaino-Salito facenti parte del bacino del Simeto. L'area oggetto di studio è stata implementata con l'immissione dei dati cartografici, dei limiti del bacino, della rete idrografica e della cartografia tematica (Nardi e Rinaldi, 2015; Rinaldi *et al.*, 2006). Il materiale informatico indispensabile per l'attuazione della Fase 1 del metodo IDRAIM ha riguardato le ortofoto

fornite dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana e relative al volo ATA 708 del 2008, utilizzando i dati necessari per la riproduzione del modello digitale del terreno (DEM), le immagini dal 2002 al 2013 fornite dalla piattaforma google earth e le cartografie storiche fornite dall'Istituto Geografico Militare Italiano riferite al volo IGM GAI del 1954/55 (copertura nazionale in scala 1:33.000), queste ultime hanno consentito di effettuare con un buon grado di approssimazione la valutazione delle variazioni morfologiche. Nello svolgimento delle attività è stato impiegato il sistema di elaborazione digitale G.I.S. (Geographic Information System), fornito dal programma ArcGIS® 10.3, distribuito dalla ESRI Inc. (Giuliarelli *et al.*, 2007; Lazzaro, 2015).



Figura 5.1 – Cartografie utilizzate IGM 1954 e Ortofoto a colori 2008 (Greco, 2015)

5.1.2 Schede di valutazione IQM

Le schede di valutazione adoperate sono parte integrante del Sistema IDRAIM e sono state concepite a supporto della classificazione dello stato morfologico attuale (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2014). Come già descritto, esse fanno riferimento a due modelli sulla base della classe di confinamento per ogni tratto: il primo si adopera per alvei confinati (C) mentre il secondo si utilizza per semiconfinati/non confinati (SC/NC). Entrambi i modelli sono articolati nelle tre categorie di analisi e valutazione anticipate della “Funzionalità”, “Artificialità” e “Variazioni morfologiche”, precedute da una sezione introduttiva con le notizie generali del tratto, sezione denominata “Generalità e Suddivisione iniziale”. Le schede comprendono nelle tre categorie una successione di indicatori, taluni dei quali, nell’ambito di funzionalità e artificialità, sono diversificati in base alle due tipologie fluviali. Anche se la maggior parte delle domande sono identiche, alcuni “indicatori” variano in base al tipo di alveo o sono solo omesse. Tali indicatori sono stati oggetto di valutazione e caratterizzano nella scheda dei valori di scostamento dalla condizione di naturalità del tratto. Nell’ultima parte della scheda otteniamo in modo automatico il valore dell’ I.A.M. (Indice di Alterazione Morfologico) e di conseguenza il valore dell’Indice di Qualità Morfologica I.Q.M.. Con la finalità di rendere esaustivo il significato delle Schede e degli indicatori adoperati, si descrivono gli indicatori ed i significati degli stessi utilizzati nella valutazione morfologica del Fiume Dittaino, specificando se utilizzato per alvei Semiconfinati, Non confinati o Confinati. Allo stesso modo nella prima parte dedicata alle Generalità e inquadramento e suddivisione iniziale, essendovi delle parti comuni alle due schede, è indicato per quale tipologia di alveo è richiesta l’informazione.

SCHEDA DI VALUTAZIONE INDICE DI QUALITÀ MORFOLOGICA
--

Si riporta quanto contenuto nel Manuale tecnico (Rinaldi, *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011c; Rinaldi *et al.*, 2014) ai fini di una agevole comprensione della scheda. Nella prima parte della scheda, denominata *Generalità*, sono richieste una serie di informazioni di carattere generale, quali la data del rilevamento sul terreno, gli operatori partecipanti al rilievo, il nome del bacino idrografico, il nome del corso d'acqua, le due estremità che delimitano il tratto, i codici del segmento di appartenenza ed il tratto nonché la lunghezza di quest'ultimo (determinati durante la fase di inquadramento e suddivisione in tratti).

Nella seconda parte dedicata all'*inquadramento e suddivisione iniziale* si identificano innanzitutto l'ambito fisiografico e l'unità fisiografica dalla definizione del grado di confinamento. Si rappresentano pertanto i valori del grado e dell'indice di confinamento utilizzati per l'assegnazione della classe di confinamento. Nella parte dedicata alla *morfologia dell'alveo*, si precisa l'immagine impiegata per la classificazione morfologica e le osservazioni e misure effettuate, diversificate a seconda che si tratti di un alveo confinato o semi- non confinato. Per le misure dell'alveo, si riportano solitamente le misure ottenute con l'ausilio del GIS, implementate ove possibile da rilievi sul terreno (Rinaldi, 2008). Si specificano anche differenti elementi per la delimitazione rispetto al tratto di monte e a quello di valle. Nell'ultima parte è possibile infine rappresentare alcuni dati o informazioni altresì disponibili che possono essere validi per caratterizzare il tratto e l'interpretazione dei risultati (Lazzaro, 2015; Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2014).

Tabella 5.1- Scheda di valutazione della Qualità Morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

GENERALITÀ <i>(Alvei Confinati Semiconfinato/Non Confinato)</i>			
Data		Operatori	
Bacino		Corso d'acqua	
Estremità monte		Estremità valle	
Codice Segmento		Codice Tratto	
Lunghezza tratto (m)			

INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE

1. Inquadramento fisiografico <i>(Alvei Semiconfinati/Non Confinati)</i>			
Ambito fisiografico		Unità fisiografica	
1. Inquadramento fisiografico <i>(Alvei Confinati)</i>			
Unità fisiografica			

2. Confinamento (Alvei Semiconfinato/Non Confinato)			
Grado confinamento (%)		Classe confinamento	
n			
Indice confinamento			
2. Confinamento (Alvei Confinati)			
Grado confinamento (%)		Indice confinamento	

3. Morfologia alveo (Alvei Semiconfinato/Non Confinato)			
Immagine utilizzata (nome, anno)			
Indice sinuosità		Indice intrecciamento	
Indice anastomizzazione			
Tipologia			
Configurazione fondo (solo per morfologie R, S, M, SBA)			
Pendenza media fondo		Larghezza media alveo (m)	
Sedimenti (dominanti) alveo			

continua

3. Morfologia alveo (Alvei Confinati)	
Immagine utilizzata (nome, anno)	
Numero di canali	

Confinato a canale singolo (CS)

Configurazione fondo	
----------------------	--

Confinato a canali multipli o wandering (CM/W)

Indice di intrecciamento	
Indice di anastomizzazione	
Tipologia	

Pendenza media fondo		Larghezza media alveo (m)	
Sedimenti (dominanti) alveo			

4. Altri elementi per delimitazione tratto (Alvei Confinati Semiconfinato/Non Confinato)	
Monte	
Valle	
<i>Discontinuità pendenza, affluente, diga, artificializzazione, variazioni dimensioni pianura e/o confinamento, variazioni larghezza alveo, variazioni granulometria sedimenti, altro (specificare).</i>	

Altri dati / informazioni eventualmente disponibili (Alvei Confinati Semiconfinato/Non Confinato)			
Area drenaggio (sottesa alla chiusura del tratto) (km ²)			
Diametro sedimenti D ₅₀ (mm)		Unità	
Portate liquide		Stazione idrometrica	
Portata media annua (m ³ /s)		Q _{1.5} (m ³ /s)	
Portata massima		Anno Portata massima	

Tabella 5.2 - Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori della Funzionalità Geomorfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

FUNZIONALITÀ GEOMORFOLOGICA

Continuità

F1	Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	Scelta
A	Assenza di alterazioni della continuità di sedimenti e materiale legnoso	0	
B	Lieve alterazione (ostacoli nel flusso ma non intercettazione)	3	
C	Forte alterazione (forte discontinuità di forme per intercettazione)	5	

L'indicatore valuta se la naturale continuità longitudinale delle portate solide è alterata da opere antropiche che intercettano o ostruiscono il flusso di sedimenti e/o materiale legnoso, si stimano gli impatti di eventuali opere. La valutazione è indipendente dal numero di alterazioni riscontrate, può essere presente un'unica opera che produce un'alterazione significativa nel flusso longitudinale verso il tratto a valle, o possono riscontrarsi diverse opere che non producono disturbi significativi.

F2	Presenza di piana inondabile (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenza di piana inondabile continua (>66% tratto) ed ampia	0	
B	Presenza di piana inondabile discontinua (10÷66%) di qualunque ampiezza o >66% ma stretta	3	
C	Assenza o presenza trascurabile (≤10% di qualunque ampiezza)	5	

Un corso d'acqua alluvionale in equilibrio dinamico definisce un'area morfologicamente pianeggiante chiamata piana inondabile, sottomessa a inondazioni con tempo di ritorno tra 1 e 3 anni. Essa sostiene lo sviluppo di importanti funzioni morfologiche, idrogeologiche ed ecologiche. Tali funzioni di continuità laterale dei flussi liquidi e solidi possono subire alterazioni, come arginature, incisione dell'alveo e difese di sponda. La continuità ed estensione di una pianura inondabile è indicatore dei processi di continuità laterale dei flussi liquidi e solidi.

F3	Connessione tra versanti e corso d'acqua (Alvei Confinati)	pt	Scelta
A	Pieno collegamento tra versanti e corridoio fluviale (>90% tratto)	0	
B	Collegamento per porzione significativa del tratto (33÷90%)	3	
C	Collegamento per piccola porzione tratto (≤33%)	5	

L'indicatore valuta il collegamento tra versanti e corridoio fluviale, cioè l'insieme di alveo e pianura alluvionale che ricopre un'importanza notevole per i processi di immissione di sedimento e materiale legnoso in alvei confinati, dovuti a processi di erosione superficiale, instabilità del terreno, valanghe e schianti arborei. Gli interventi antropici di difesa e infrastrutture impediscono tale continuità trasversale, l'indicatore interpreta l'alterazione dei naturali processi di immissione da versante.

F4	Processi di arretramento delle sponde (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenza di frequenti sponde in arretramento soprattutto sul lato esterno delle curve	0	
B	Sponde in arretramento poco frequenti in quanto impedita da opere e/o scarsa dinamica alveo	2	
C	Completa assenza oppure presenza diffusa di sponde instabili per movimenti di massa	3	
L'arretramento delle sponde è un automatismo di naturale funzionalità morfologica di un corso d'acqua, si aspetta in condizioni non alterate l'esistenza di un discreto numero di sponde in erosione. L'assenza di simili processi limita sicuramente la dinamica naturale dell'alveo. L'indicatore ha il compito di valutare se i processi di arretramento di sponda sono quelli attesi o se sussiste uno scostamento (alterazione) riguardo alle normali condizioni. I processi sono caratteristici dei tratti semi- e non confinati del sistema fluviale, l'indicatore non è impiegato per i corsi d'acqua confinati.			

Morfologia

F5	Presenza di una fascia potenzialmente erodibile (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenza fascia potenzialmente erodibile ampia e per >66% tratto	0	
B	Presenza fascia erodibile ristretta o ampia ma per 33÷66% tratto	2	
C	Presenza fascia potenzialmente erodibile di qualunque ampiezza per ≤33% tratto	3	
L'indicatore valuta la potenzialità di un corso d'acqua di spostarsi lateralmente nei futuri decenni. I corsi d'acqua di pianura semi- e non confinati nel tempo si spostano lateralmente, se il processo è contrastato o limitato da opere di fissazione o da elementi artificiali, si scostano dalle condizioni di naturale funzionalità. L'osservazione richiede l'esistenza di elementi antropici in grado di impedire la mobilità laterale potenziale del corso d'acqua.			

F6	Morfologia del fondo e pendenza della valle (Alvei Confinati)	pt	scelta
A	Forme di fondo coerenti con la pendenza media della valle	0	
B	Forme di fondo non coerenti con la pendenza media della valle	3	
C	Completa alterazione delle forme di fondo	5	
La forma planimetrica del corso d'acqua in alvei confinati a canale singolo è determinata da configurazione e dinamica dei versanti. Per questi alvei assume importanza la morfologia del fondo, come rilevato dalle classificazioni morfologiche, con una forte connessione tra pendenza dell'alveo e tipologia morfologica. Le opere trasversali possono produrre una riduzione artificiale della pendenza energetica ed una variazione della morfologia del fondo. Esso valuta l'importanza di opere trasversali nei confinati a canale singolo alluvionali.			

F7	Forme e processi tipici della configurazione morfologica (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza ($\leq 5\%$) di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale	0	
B	Alterazioni per porzione limitata del tratto ($\leq 33\%$)	3	
C	Consistenti alterazioni per porzione significativa del tratto ($> 33\%$)	5	
L'indicatore valuta se le conformazioni ed i processi propri della configurazione morfologica ai quale fa parte il tratto sono attivi o sono modificati in parte da interventi antropici. Sono osservati nello specifico gli aspetti morfologici planimetrici che contribuiscono alla determinazione del pattern morfologico per il tratto. L'indicatore è attuabile a corsi d'acqua semi e non confinati e a corsi d'acqua confinati a canali intrecciati o wandering, per i confinati a canale singolo si utilizza l'indicatore F6.			

F8	Presenza di forme tipiche di pianura (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenti forme di pianura attuali o riattivabili (laghi meandro abbandonato, canali secondari, ecc.)	0	
B	Presenti tracce forme pianura (abbandonate a partire da anni '50 circa) ma riattivabili	2	
C	Completa assenza di forme di pianura attuali o riattivabili	3	
Nei corsi d'acqua a canale singolo meandriformi in condizioni non alterate, appare regolare l'esistenza di forme proprie della pianura come meandri abbandonati più o meno associati idrologicamente all'alveo. L'assenza di simili forme è da valutare quale grado di alterazione della regolare funzionalità del corso d'acqua. L'indicatore è applicabile esclusivamente ad alvei meandriformi, non si valuta per alvei che non abbiano mai avuto caratteristiche di meandriformi.			

F9	Variabilità della sezione (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza o presenza localizzata ($\leq 5\%$ tratto) di alterazioni naturale eterogeneità della sezione	0	
B	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione limitata del tratto ($\leq 33\%$)	3	
C	Presenza di alterazioni (omogeneità sezione) per porzione significativa del tratto ($> 33\%$)	5	
In condizioni di naturalità un corso d'acqua dimostra una variabilità morfologica nella configurazione della sezione sia nella larghezza sia nella profondità, con difformità di forme e superfici geomorfologiche dentro l'alveo quale effetto dei normali processi geomorfologico-idraulici. Un'omogeneità abbondante di forma della sezione rappresenta generalmente un sintomo di alterazioni, ad eccezione di tratti a bassa energia per natura mancanti di diversità di forme.			

F10	Struttura del substrato (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Naturale eterogeneità sedimenti e <i>clogging</i> poco significativo	0	
B	Corazzamento o <i>clogging</i> accentuato in varie porzioni del sito	2	
C1	Corazzamento o <i>clogging</i> accentuato e diffuso (>90%) e/o affioramento occasionale substrato	5	
C2	Affioramento diffuso del substrato per incisione o rivestimento fondo (>33% tratto)	6	

Un corso d'acqua in condizioni inalterate ha una eterogeneità nei volumi granulometrici e nelle peculiarità strutturali - tessiturali dei sedimenti presenti sul letto, tranne nei casi di alvei confinati in roccia o alvei con sedimenti fini. La struttura ed eterogeneità del substrato influenza la funzionalità dei processi di trasporto solido al fondo e di resistenza al moto, può essere modificata da fattori antropici o come effetto di processi di aggiustamento morfologico collegati a cause antropiche.

Vegetazione nella fascia perifluviale

F11	Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Presenza significativa di materiale legnoso	0	
C	Presenza molto limitata o assenza di materiale legnoso	3	

L'indicatore valuta se un tratto mostra condizioni di alterazione riguardo alla presenza attesa di materiale legnoso morto di ampie dimensioni nell'alveo. Esso precisa se un tratto si presenta o no alterato riguardo alla "dotazione" di materiale legnoso attesa, considerate le caratteristiche morfologiche e vegetazionali del tratto. Giacché finalizzato alla valutazione del grado di alterazione del sistema fluviale rispetto ai processi naturali di trasporto solido (sedimento e legno), si utilizza per tutti i tipi di corsi d'acqua.

F12	Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Ampiezza di formazioni funzionali elevata	0	
B	Ampiezza di formazioni funzionali intermedia	2	
C	Ampiezza di formazioni funzionali limitata	3	

Tale indicatore valuta l'ampiezza della fascia perifluviale, vale a dire della pianura fruibile per la fascia di vegetazione arborea e arbustiva, o per formazioni funzionali, comprendendo anche le idrofite quali il canneto. Nei tratti confinati l'ampiezza si valuta riguardo a quella dell'eventuale piana e dei versanti attigui, per i tratti semi- e non confinati la fascia rispetto a cui si valuta l'ampiezza è funzione della larghezza dell'alveo.

F13	Estensione lineare delle formazioni funzionali presenti lungo le sponde (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Estensione lineare formazioni funzionali >90% lunghezza massima disponibile	0	
B	Estensione lineare formazioni funzionali 33÷90% lunghezza massima disponibile	3	x
C	Estensione lineare formazioni funzionali ≤33% lunghezza massima disponibile	5	
L'indicatore valuta l'estensione longitudinale della fascia di vegetazione funzionale (arborea, arbustiva e a idrofite) al di fuori dell'alveo, non considerando la sua estensione areale, con attinenza alla vegetazione nelle zone perifluviali, in questo caso non sono considerate le isole perché interne all'alveo. Anche per questo indicatore come il precedente, ci si riferisce al rapporto tra condizione attuale e massima disponibile.			

Tabella 5.3 - Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori della Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).

ARTIFICIALITÀ			
Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte			
A1	Opere di alterazione delle portate liquide (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Alterazioni nulle o poco significative ($\leq 10\%$) delle portate formative e con TR > 10 anni	0	
B	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate con TR > 10 anni	3	
C	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate formative	6	
Riguarda dighe, traverse, diversivi, scolmatori, casse di espansione con conseguenze rilevanti sulla continuità delle portate liquide e solide, limitando le portate liquide a valle con diminuzione di portate formative e capacità di trasporto.			
A2	Opere di alterazione delle portate solide (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza di opere di alterazione del flusso di sedimenti o presenza trascurabile (dighe con area sottesa $< 5\%$ e/o altre opere trasversali con area sottesa $< 33\%$)	0	
B1	Presenza dighe (area sottesa $5 \div 33\%$) e/o opere con totale int.ne (area $33-66\%$) e/o opere con int.ne parziale/nulla (area $> 33\%$ pianura/collina o $> 66\%$ ambito montano)	3	
B2	Presenza dighe (area sottesa $33 \div 66\%$) e/o opere con totale int.ne (area sottesa $> 66\%$ o all'estremità a monte del tratto ogni ambito)	6	
C1	Presenza di dighe (area sottesa $> 66\%$)	9	
C2	Presenza di diga all'estremità a monte del tratto	12	
Si considerano le opere trasversali (dighe, briglie, traverse) a monte del tratto di applicazione che alterano considerevolmente il trasporto solido al fondo, ciò si valuta in funzione del tipo di opere e del loro impatto sul trasporto al fondo e del rapporto tra area sottesa dalle opere e area del sottobacino alla sezione di chiusura del tratto.			
Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto			
A3	Opere di alterazione delle portate liquide (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Alterazioni nulle o poco significative ($\leq 10\%$) delle portate formative e con TR > 10 anni	0	
B	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate con TR > 10 anni	3	
C	Alterazioni significative ($> 10\%$) delle portate formative	6	
Simile all'A1, si imputa alle opere del tratto, quali diversivi, scolmatori, casse di espansione, in derivazione laterale ed in linea. Le dighe non sono considerate perché devono coincidere con un limite tra due tratti, così ogni opera con effetti abbastanza rilevanti in termini di portate liquide è identificata da un limite tra due tratti.			

A4	Opere di alterazione delle portate solide (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza di qualsiasi tipo di opera di alterazione del flusso di sedimento/legname	0	
B	<i>Ambito pianura/collina</i> : presenza di alcune briglie, traverse, casse in linea ≤ 1 ogni 1000 m <i>Ambito montano</i> : presenza di alcune briglie di consolidamento ≤ 1 ogni 200 m e/o di briglie aperte	4	
C	<i>Ambito pianura/collina</i> : presenza briglie, traverse, casse in linea > 1 ogni 1000 m <i>Ambito montano</i> : briglie di consolidamento > 1 ogni 200 m e/o di briglie di trattenuta a corpo pieno oppure presenza di invaso artificiale per diga a valle (<i>qualunque ambito</i>)	6	
<i>Nel caso la densità di opere trasversali, incluse soglie e rampe (vedi A9), è > 1 ogni n (dove $n=100$ m in ambito montano, o $n=500$ m in ambito di pianura/collina), aggiungere la x accanto al 12</i>		12	
Si evidenziano le opere trasversali in grado di alterare il normale flusso di sedimenti. Esse sono sia opere di vera e propria intercettazione del trasporto solido, come le briglie di trattenuta, che altre opere che generano una ridotta intercettazione o diminuzione del normale flusso di sedimenti.			

A5	Opere di attraversamento (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza di opere di attraversamento	0	
B	Presenza di alcune opere di attraversamento (≤ 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	2	
C	Presenza diffusa di opere di attraversamento (> 1 ogni 1000 m in media nel tratto)	3	
Si considerano le opere capaci di alterare le condizioni idrodinamiche della corrente e limitano o intercettano il trasporto di sedimento o legname. L'impatto causato dai ponti deriva dall'ampiezza delle luci e dalla presenza o meno di pile, si considera solo il numero di ponti con interferenze sul corridoio fluviale presenti nel tratto.			

Opere di alterazione della continuità laterale

A6	Difese di sponda (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza o solo difese localizzate ($\leq 5\%$ lunghezza totale delle sponde)	0	
B	Presenza di difese per $\leq 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	3	
C	Presenza di difese per $> 33\%$ lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	6	
<i>Nel caso di difese di sponda per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere la x accanto al 12</i>		12	
Si rilevano le opere a protezione delle sponde dall'erosione e quindi sulla continuità laterale, contenendo il naturale apporto di sedimenti e materiale legnoso derivante dalla mobilità laterale dell'alveo. Si considerano le opere all'interno o esternamente ma adiacenti all'alveo, con un condizionamento effettivo sulla mobilità laterale.			

A7	Arginature (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Argini assenti o distanti oppure presenza argini vicini o a contatto $\leq 10\%$ lunghezza sponde	0	
B	Presenza intermedia di argini vicini e/o a contatto (a contatto $\leq 50\%$ lunghezza sponde)	3	
C	Presenza elevata di argini vicini e/o a contatto (a contatto $> 50\%$ lunghezza sponde)	6	
<i>Nel caso di argini a contatto per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere la x accanto al 12</i>		12	
Si esamina la presenza e l'ubicazione di argini che agiscono sulla continuità laterale, ostacolando la normale inondazione di territori prossimi al corso d'acqua. Si osservano i rilevati, di solito in terra, a ridosso o ad una certa distanza. Si intendono argini anche quelle opere di difesa di sponda con quota maggiore rispetto al piano di campagna retrostante o infrastrutture con funzione di argini.			

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8	Variazioni artificiali di tracciato (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Assenza di variazioni artificiali di tracciato note in passato (tagli meandri, spostamenti alveo, ecc.)	0	
B	Presenza di variazioni di tracciato per $\leq 10\%$ lunghezza tratto	2	
C	Presenza di variazioni di tracciato per $> 10\%$ lunghezza tratto	3	
L'indicatore valuta la presenza di variazioni planimetriche artificiali di una certa rilevanza del corso d'acqua (tagli di meandro, modifiche del tracciato, spostamento della foce, ecc.) recenti o anche ad una scala temporale maggiore di quella adoperata per l'analisi delle variazioni. Sono considerate le variazioni planimetriche con uno spostamento significativo del tracciato in grado di fare perdere al corso d'acqua la sua morfologia naturale.			

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A9	Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza soglie o rampe e rivestimenti assenti o localizzati ($\leq 5\%$ tratto)	0	
B	Presenza soglie o rampe (≤ 1 ogni <i>m</i>) e/o rivestimenti $\leq 25\%$ permeabili e/o $\leq 15\%$ imperm.	3	
C1	Presenza soglie o rampe (> 1 ogni <i>m</i>) e/o rivestimenti $\leq 50\%$ permeabili e/o $\leq 33\%$ imperm.	6	
C2	Presenza di rivestimenti $> 50\%$ permeabili e/o $> 33\%$ imperm.	8	
<i>Nel caso di rivestimenti del fondo (permeabili e/o impermeabili) per quasi tutto il tratto ($> 80\%$), aggiungere la x accanto al 12</i>		12	
Sono osservate le altre opere di consolidamento oltre quelle esaminate nell'indicatore A4 che non sporgono molto dal fondo, ma fissano il profilo senza esiti significativi sul trasporto solido. Comprendono soglie e rampe, che frenano l'incisione del fondo negli attraversamenti. Si utilizza la densità lineare (n. per km di tratto), con valori dipendenti dalla inclinazione del tratto.			

Interventi di manutenzione e prelievo

A10	Rimozione di sedimenti (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza di significativa attività di rimozione recente (ultimi 20 anni) e in passato (da anni '50)	0	
B	Moderata attività in passato ma assente di recente (ultimi 20 anni), oppure assente in passato ma presente di recente	3	
C	Intensa attività in passato oppure moderata in passato e presente di recente	6	
L'indicatore valuta l'intensità dell'attività di rimozione di sedimenti nel tratto sia per motivi di sicurezza idraulica che per estrazione di inerti. Tale attività ha impatti negativi differenti nei confronti dei processi e dell'evoluzione morfologica. L'indicatore varia lievemente per tipologia d'alveo, nei corsi d'acqua confinati si considerano interventi durante gli ultimi 20 anni mentre nei corsi d'acqua semi- e non confinati ci si riferisce anche all'intensità dell'attività estrattiva ad iniziare dagli anni '50.			

A11	Rimozione di materiale legnoso (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Assenza di interventi di rimozione di materiale legnoso almeno negli ultimi 20 anni	0	
B	Rimozione parziale negli ultimi 20 anni	2	
C	Rimozione totale negli ultimi 20 anni	5	
La rimozione del materiale legnoso in alveo, compiuta periodicamente dagli Enti pubblici preposti in aree a preminente tradizione silvicolturale, è motivata per esigenze di sicurezza idraulica, il materiale può causare l'ostruzione di luci di ponti negli eventi di piena. La sottrazione del legname di grandi dimensioni all'ambiente fluviale implica un impatto importante sul sistema fluviale. L'indicatore analizza se nel tratto si hanno informazioni di prelievi totali o parziali negli ultimi 20 anni.			

A12	Taglio della vegetazione in fascia perifluviale (Alvei Confinati, Non Confinati e Semiconfinati)	pt	scelta
A	Vegetazione arborea sicuramente non soggetta ad interventi negli ultimi 20 anni	0	
B	Taglio selettivo nel tratto e/o raso su <50% del tratto negli ultimi 20 anni	2	
C	Taglio raso su >50% del tratto negli ultimi 20 anni	5	
La vegetazione arborea della fascia perifluviale e all'interno dell'alveo compie numerose funzioni a livello morfologico. L'indicatore si utilizza osservando interventi sia all'interno dell'alveo sia entro la fascia esterna alle sponde e sui versanti. L'intervallo temporale fissato anche in questo caso è quello degli ultimi 20 anni.			

Tabella 5.4- Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori delle Variazioni morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).

VARIAZIONI MORFOLOGICHE			
V1	Variazioni della configurazione morfologica (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Assenza di variazioni rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni di morfologia tra tipologie contigue rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni tra tipologie non contigue rispetto ad anni '50	6	
L'indicatore valuta l'esistenza e l'intensità di una presumibile variazione della configurazione morfologica dell'alveo, cioè il passaggio da una tipologia morfologica ad un'altra (sinuoso, meandriforme, canali intrecciati, ecc.) riguardo alla condizione degli anni '50. Dove si sia verificato tale passaggio, è considerato un sintomo di un'alterazione delle condizioni della morfologia dell'alveo, in particolare delle portate liquide e solide e dei processi geomorfologici. Si applica sia ai confinati che ai semi- non confinati, a condizione che la larghezza dell'alveo sia > 30 m.			
V2	Variazioni di larghezza (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Variazioni nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni moderate ($15 \div 35\%$) rispetto ad anni '50	3	
C	Variazioni intense ($> 35\%$) rispetto ad anni '50	6	
Con questo indicatore si valutano le variazioni della larghezza dell'alveo rispetto agli anni '50. I corsi d'acqua sono in grado di subire variazioni di larghezza rilevanti, mantenendo la configurazione morfologica complessiva, per impatti diretti ma soprattutto per cambiamenti delle variabili guida che controllano la morfologia dell'alveo, quali le riduzioni delle portate liquide formative e/o delle portate solide. Variazioni significative di larghezza in un intervallo temporale di 50 anni circa è un sintomo di instabilità morfologica. Esso è adoperato sia nel caso di confinati che di semi- non confinati, con larghezza dell'alveo > 30 m.			
V3	Variazioni altimetriche (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino 0.5 m)	0	
B	Variazioni della quota del fondo limitate o moderate (≤ 3 m)	4	
C1	Variazioni della quota del fondo intense (> 3 m)	8	
C2	Variazioni della quota del fondo molto intense (> 6 m)	12	
Un alveo fluviale a fondo mobile può subire modificazioni delle quote del fondo e del profilo altimetrico per alterazioni nei regimi delle portate liquide e/o solide. L'indicatore valuta l'esistenza di variazioni altimetriche, ovvero incisione o sedimentazione e la loro grandezza. Si applica a corsi d'acqua confinati e semi- non confinati con larghezza dell'alveo > 30 m.			

5.1.3 Schede di valutazione IDM

Le schede impiegate per la valutazione fanno parte integrante del Sistema IDRAIM, esse sono state concepite a supporto della classificazione dello stato morfologico attuale. Come già rappresentato nel paragrafo 4.2 alla pag.75, le schede relative all'Indice di Dinamica morfologica si applicano per i tratti con alvei semiconfinati e non confinati (SC e NC), si differenziano unicamente nei punteggi di valutazione poiché viene impiegato come parametro di riferimento l'ampiezza dei corsi d'acqua (P = Corsi d'acqua di piccole dimensioni, G = Corsi d'acqua di dimensioni medio-grandi dove si applicano tutti gli indicatori). Nel corso del lavoro svolto nella fase 1, gli alvei sono stati divisi in tratti e conseguentemente si è proceduto con l'attribuzione della classe di confinamento, permettendo l'implementazione delle schede per i tratti con alvei SC e NC.

Le schede anche in questo caso sono articolate in tre sezioni per le 3 fasi di analisi e valutazione previste: “*Morfologia e processi*”, “*Artificialità*” e “*Variazioni morfologiche*”, precedute da una sezione introduttiva relativa alle generalità di ogni tratto, sezione denominata “*Generalità e suddivisione iniziale*”. Nelle tre sezioni sono presenti degli indicatori diversificati in base alle tipologie fluviali. Nonostante la gran parte dei quesiti siano affini, alcuni degli “indicatori” variano in base al tipo di alveo, in altri casi non vengono considerati per il tipo di alveo oggetto di valutazione (Rinaldi *et al.*, 2013, Caggegi 2015, Greco 2015).

Sono stati pertanto utilizzati per la valutazione della dinamica morfologica dei tratti osservati dove gli indicatori sono stati utilizzati ed hanno individuato dei valori di scostamento dalla condizione di naturalità del tratto.

SCHEDA DI VALUTAZIONE INDICE DI DINAMICA MORFOLOGICA

Con lo scopo di rendere esaustive le schede e gli indicatori utilizzati, sono sintetizzati i contenuti degli stessi contenuti nel Manuale tecnico (Rigon *et al.*, 2013; Rinaldi *et al.*, 2006; Rinaldi, *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011c Rinaldi *et al.*, 2014).

Nella prima parte della scheda denominata “*Generalità*” sono richiamate informazioni di carattere generale quali la data del rilevamento sul terreno, gli operatori partecipanti al rilievo, il nome del bacino idrografico e il nome del corso d’acqua stesso, le estremità che delimitano il tratto, i codici del segmento di appartenenza del tratto nonché la lunghezza di quest’ultimo, definiti nell’inquadramento e suddivisione in tratti. Nell’“*inquadramento e suddivisione iniziale*” sono richiamati l’ambito fisiografico e l’unità fisiografica dalla definizione del grado di confinamento, sono utilizzati il grado e l’indice di confinamento adoperati per l’attribuzione della classe di confinamento.

La “*morfologia dell’alveo*” è definita con l’immagine utilizzata per la classificazione morfologica. Le osservazioni e le misure riguardano in questo caso quelle dei tratti classificati come semi-non confinato. Le misure dell’alveo riguardano generalmente quelle acquisite con l’ausilio del G.I.S., implementate da eventuali rilievi sul terreno (Rinaldi, 2008).

Inoltre sono precisati gli elementi per la delimitazione riguardo al tratto di monte e a quello di valle. Nell’ultima parte è possibile riportare alcuni dati o informazioni eventualmente fruibili, utili per la caratterizzazione del tratto e la spiegazione dei risultati.

Nell’ultima parte della scheda di rilevazione infine si consegue il valore dell’IDM in maniera automatica.

Tabella 5.5- Scheda di valutazione della dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

GENERALITÀ			
Data		Operatori	
Bacino		Corso d'acqua	
Estremità monte		Estremità valle	
Codice Segmento		Codice Tratto	
Lunghezza tratto (m)			

TIPOLOGIA D'ALVEO			
1. Inquadramento fisiografico			
Ambito fisiografico		Unità fisiografica	
2. Confinamento			
Grado confinamento (%)		Classe confinamento	
n			
Indice confinamento			
3. Morfologia alveo			
Immagine utilizzata (nome, anno)			
Indice sinuosità		Indice intrecciamento	
Indice anastomizzazione			
Tipologia			
Configurazione fondo (solo per morfologie R, S, M, SBA)			
Pendenza media fondo		Larghezza media alveo (m)	

DATI UTILIZZATI	
<i>Immagini per situazione attuale e tendenze laterali</i>	
Immagine situazione attuale	
Immagine ultimi 10/20 anni	
Indice anastomizzazione	
<i>Eventuali rilievi topografici per tendenze e variazioni altimetriche</i>	
Attuale	
Ultimi 10/20 anni	
Precedente	

Tabella 5.6 -Valutazione dinamica morfologica: Morfologia dei Processi (Rinaldi *et al.*, 2014).

MORFOLOGIA DEI PROCESSI			
M1	Tipologia d'alveo (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Configurazione morfologica associata a condizioni di energia estremamente bassa (rettilinei o sinuosi di pianura costiera, fondo sabbioso, privi di barre)	0	
B	Configurazione morfologica associata a condizioni di bassa energia (sinuosi, meandriformi o anastomizzati privi di barre)	3	
C	Configurazione morfologica associata a condizioni di medio-elevata energia (sinuosi o meandriformi con barre, sinuosi a barre alternate, letto piano, riffle-pool)	6	
D	Configurazione morfologica associata a condizioni di elevata energia e mobilità laterale (wandering, a canali intrecciati)	10	
Indicatore diretto delle condizioni di dinamica morfologica, alvei con inclinazione e potenza della corrente abbastanza elevate sono più dinamici rispetto a corsi d'acqua di bassa pianura. Esso manifesta la dinamica di tipo planimetrico accentuando la presenza di barre che condizionano la configurazione morfologica. In conformità a osservazioni e analisi G.I.S. da immagini tele rilevate a ogni configurazione morfologica è associata una classe, per stabilire la classe di appartenenza in alcuni casi occorre valutare l'esistenza di barre, tipi di sedimenti e stabilità delle sponde.			
M2	Erodibilità delle sponde (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenza di sponde alluvionali erodibili (non protette) non coesive $\leq 10\%$ o coesive $\leq 33\%$ della lunghezza totale sponde (somma di entrambe)	0	
B	Presenza di sponde alluvionali erodibili (non protette) non coesive $\leq 33\%$ o coesive $\leq 66\%$ della lunghezza totale sponde (somma di entrambe)	2	
C	Presenza di sponde alluvionali erodibili (non protette) non coesive $\leq 66\%$ o coesive $\leq 90\%$ della lunghezza totale sponde (somma di entrambe)	4	
D	Presenza di sponde alluvionali erodibili (non protette) non coesive $\leq 90\%$ o coesive $> 90\%$ della lunghezza totale sponde (somma di entrambe)	6	
E	Presenza di sponde alluvionali erodibili (non protette) coesive $> 90\%$ della lunghezza totale sponde (ovvero somma di entrambe)	8	
Valuta la probabilità delle sponde di essere erose in funzione del materiale che le costituisce e della copertura vegetale, insieme all'indicatore A1. Si osserva la lunghezza delle sponde alluvionali erodibili, non a contatto con versanti o porzioni protette da difese di sponda (alvei confinati). Si classificano: <i>sponde non coesive</i>, in alvei di aree pedemontane e di pianura media – alta costituite da materiale granulare grossolano (ghiaia e/o ciottoli); <i>sponde coesive</i>, in alvei di zone di bassa pianura formate da materiale fine (sabbia, limo, argilla). Ciò è dovuto ai processi di arretramento delle sponde, movimenti di massa (sponde coesive) e corrente fluviale (sponde non coesive). Si differenziano corsi d'acqua di bassa energia e corsi d'acqua di piccole, medie o grandi dimensioni a seconda se la larghezza è $<$, $=$, $>$ di 10 m.			

M3	Erodibilità del fondo (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Presenza di fondo alluvionale erodibile, non protetto da elementi artificiali (rivestimenti, rampe) e/o naturali (affioramenti, corazzamento), per $\leq 10\%$ lunghezza tratto	0	
B	Presenza di fondo alluvionale erodibile per 10-33% lunghezza tratto	2	
C	Presenza di fondo alluvionale erodibile per 33-66% lunghezza tratto	4	
D	Presenza di fondo alluvionale erodibile per 66-90% lunghezza tratto	6	
E	Presenza di fondo alluvionale erodibile per $>90\%$ lunghezza tratto	8	
Tale indicatore valuta la potenziale erodibilità del fondo sul materiale che lo costituisce (sedimenti, roccia, fondo artificiale). La sua valutazione è contemporanea dell'indicatore A2 per analizzare elementi naturali ed artificiali del tratto. In primo luogo si valuta la lunghezza del fondo totalmente erodibile, scartando interventi come rivestimenti del fondo e rampe in massi rilevanti, affioramenti del substrato o corazzamento marcato. Per gli elementi artificiali si adoperano immagini tele rilevate, catasto opere e rilievi in campo, per gli elementi naturali (affioramenti rocciosi e corazzamento) osservazioni dirette. La mobilità del fondo è inferiore per corsi d'acqua di bassa energia, con pendenza inferiore a 0,001 o di risorgiva.			

M4	Processi di arretramento delle sponde (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	Pt	Scelta
A	Completa assenza di sponde in arretramento	0	
B	Sponde in arretramento $\leq 5\%$ lunghezza totale (somma di entrambe) oppure: sponde in arretramento $\leq 33\%$ con tassi trascurabili	2	
C	Sponde in arretramento $\leq 33\%$ lunghezza totale (somma di entrambe) con tassi ≤ 3 m/a oppure: sponde in arretramento $>33\%$ con tassi trascurabili	4	
D	Sponde in arretramento $\leq 33\%$ lunghezza totale (somma di entrambe) con tassi > 3 m/a oppure: sponde in arretramento $>33\%$ con tassi ≤ 3 m/a	6	
E	Sponde in arretramento $>33\%$ lunghezza totale (somma di entrambe) con tassi >3 m/a	8	
Si osserva i processi di arretramento delle sponde, localizzati o no, a prescindere dalle tendenze di larghezza. Si valuta la lunghezza delle sponde in arretramento e il tasso di arretramento confrontando i rilievi degli ultimi 10 – 15 anni. Il tasso di arretramento si ottiene dal raffronto delle immagini rilevate, con la misurazione delle distanze tra le due sponde nelle sezioni di misura. Si ricava il tasso di arretramento medio del tratto (in m/a) comparando la somma totale degli arretramenti misurati con numero di misure con valore > 0 . Sono definite tre classi: (1) <i>tasso di arretramento trascurabile</i> (non quantificabile); (2) <i>tasso di arretramento non trascurabile</i> (inferiore a 3 m/a); (3) <i>tasso di arretramento elevato</i> (superiore a 3 m/a).			

M5	Tendenze di larghezza (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
C-	Restringimento >25% (alvei a canale singolo o SBA) o >15% (alvei CI o W)	8	
B-	Restringimento >10% (alvei a canale singolo o SBA) o >5% (alvei CI o W)	4	
A	Variazioni di larghezza $\leq 10\%$ (alvei a canale singolo o SBA) o $\leq 5\%$ (alvei CI o W)	0	
B+	Allargamento >10% (alvei a canale singolo o SBA) o >5% (alvei CI o W)	4	
C+	Allargamento >25% (alvei a canale singolo o SBA) o >15% (alvei CI o W)	8	
Le tendenze di larghezza specificano le modificazioni di larghezza a prescindere dallo spostamento del tracciato dell'alveo. La valutazione si esegue per raffronto e analisi GIS dei rilievi degli ultimi 10 – 15 anni desumendo il valore medio di larghezza del tratto per ciascuno dei rilievi e facendone la differenza, con un margine di almeno 3 m per eventuali errori di misura. Si distinguono tre classi di variazioni di larghezza: <i>equilibrio o tendenza di larghezza trascurabile</i> (almeno $\leq 10\%$ L per alvei a canale singolo, $\leq 5\%$ L per alvei a canali intrecciati o <i>wandering</i>); <i>tendenza al restringimento/allargamento</i> (comprese tra 10% e 25% L per alvei a canale singolo, oppure tra 5% e 15% L per alvei a canali intrecciati o <i>wandering</i>); <i>forte tendenza al restringimento/allargamento</i> (> 25% L per alvei a canale singolo, oppure > 15% L per alvei a canali intrecciati o <i>wandering</i>).			

M6	Tendenze altimetriche (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
C-	Incisione: evidenze di incisione largamente prevalenti e diffuse	8	
B-	Incisione lieve: evidenze ed incisione prevalenti ma non diffuse	4	
A	Equilibrio: assenza di prevalenti condizioni di incisione o sedimentazione	0	
B+	Sedimentazione lieve: evidenze di sedimentazione prevalenti ma non diffuse	4	
C+	Sedimentazione: evidenze di sedimentazione largamente prevalenti e diffuse	8	
Le variazioni della quota del fondo vengono valutate per l'intervallo di tempo degli ultimi 10 – 15 anni per mezzo di osservazioni sul terreno, è richiesta una accorta spiegazione dei processi in atto per mezzo di una serie di evidenze diagnostiche. Le classi dell'indice si fondano sulla prevalenza di evidenze di un processo rispetto all'altro, non su valutazioni di variazioni o lunghezze di tratto soggette ai vari processi, appunto per le difficoltà oggettive di eseguire tali valutazioni. L'attribuzione a una determinata tendenza altimetrica si basa sul fatto che la maggior parte o tutte le evidenze sul terreno considerate come diagnostiche siano associate a tale tendenza.			

Tabella 5.7 - Valutazione dinamica morfologica: Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).

ARTIFICIALITÀ			
A1	Difese di sponda (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Difese di sponda per >80% lunghezza totale sponde (escluso versanti o terrazzi antichi)	0	
B	Difesa di sponda per 66-80% lunghezza totale sponde (escluso versanti o terrazzi antichi)	4	
C	Difese di sponda per 33-66% lunghezza totale sponde (escluso versanti o terrazzi antichi)	8	
D	Difesa di sponda per 5-33% lunghezza totale sponde (escluso versanti o terrazzi antichi)	12	
E	Difesa di sponda ≤5% lunghezza totale sponde (escluso versanti o terrazzi antichi)	15	
Sono esaminate le opere di difesa di sponda (muri, scogliere, Ingegneria Naturalistica, pennelli) che fissano la sponda con l'obiettivo di moderare la dinamica laterale. La valutazione si completa con l'indicatore M2 (erodibilità delle sponde) che osserva le caratteristiche delle sponde, scartate quelle confinate da versanti o da opere. La lunghezza delle difese di sponda si compara alla lunghezza delle sole sponde alluvionali erodibili, con immagini tele rilevate e rilievi in campo, integrati, se possibile, dal catasto delle opere. Si stima la lunghezza delle sponde sottoposte a protezione comparandolo alla somma della lunghezza delle sponde.			
A2	Opere di rivestimento e consolidamento del fondo (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	Pt	scelta
A	Rivestimenti del fondo per quasi tutto il tratto (>80% lunghezza)	0	
B	Rivestimenti del fondo per 66-80% della lunghezza del tratto oppure come classe D con presenza diga estremità a valle	4	
C	Rivestimenti del fondo per 33-66% della lunghezza del tratto e/o soglie, rampe, briglie, traverse >1 ogni d, dove d=1000 m per S≤1%, d=200 m per S>1%	8	
D	Rivestimenti del fondo per 5-33% della lunghezza del tratto e/o soglie, rampe, briglie, traverse ≤1 ogni d, dove d=1000 m per S≤1%, d=200 m per S>1%	12	
E	Assenza o presenza localizzata di rivestimenti (≤5% lunghezza del tratto) e assenza altre opere di consolidamento (soglie, rampe)	15	
Si osservano opere trasversali di fissazione del fondo (rivestimenti, soglie, rampe, briglie di trattenuta, briglie di consolidamento, casse in linea, traverse, diga all'estremità a valle). La valutazione si perfeziona con l'indicatore M3 (erodibilità del fondo). I metodi di rilievo sono le immagini tele rilevate, eventuali indagini sul terreno, catasto opere e carte topografiche. L'alterazione delle portate solide è funzione del tipo di opere e dell'impatto sul trasporto al fondo, oltre che dalla relazione tra area sottesa dalle opere e area del sottobacino sotteso alla sezione di chiusura del tratto.			

Tabella 5.8 - Valutazione dinamica morfologica: Variazioni Morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).

VARIAZIONI MORFOLOGICHE

V1	Variazioni della configurazione morfologica (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
A	Assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto ad anni '50	0	
B	Variazioni configurazione morfologica tra tipologie rispetto anni '50	3	
C	Variazioni configurazione morfologica tra tipologie non contigue rispetto anni '50	5	
L'indicatore esamina le variazioni di configurazione morfologica tra la condizione degli anni '50 e quella odierna. Tale variazione, considerata sintomo di instabilità planimetrica, valuta la dinamica laterale condizionata da eventi di piena di una certa intensità, rimodellando le superfici della precedente morfologia. L'indicatore si valuta finché le dimensioni dell'alveo nelle immagini comparate permettono di definire la morfologia e la misura degli indici di sinuosità, intrecciamento, anabranching. L'attribuzione alle classi B o C è funzione di un passaggio da una morfologia ad una diversa ma contigua, o ad una morfologia non contigua.			

V2	Variazioni di larghezza (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
C-	Restringimento intenso (>35%) rispetto ad anni '50	5	
B-	Restringimento moderato (15-35%) rispetto ad anni '50	3	
A	Variazioni di larghezza nulle o limitate ($\leq 15\%$) rispetto ad anni '50	0	
B+	Allargamento moderato (15-35%) rispetto ad anni '50	3	
C+	Allargamento intenso (>35%) rispetto ad anni '50	5	
L'indicatore osserva le variazioni di larghezza dell'alveo rispetto agli anni '50, intese come condizione di instabilità passata in grado di condizionare la dinamica planimetrica attuale. Le misure effettuate per alvei con larghezza del 1954/55 inferiore a 30 m circa possono risultare dubbie, salvo la possibilità di impiego di informazioni storiche.			

V3	Variazioni altimetriche (Alvei Semiconfinati e Non Confinati)	pt	scelta
D-	Incisioni molto intense (>6 m)	10	
C-	Incisioni intense (>3 m)	6	
B-	Incisione limitata o moderata (≤ 3 m)	3	
A	Variazioni della quota del fondo trascurabili (fino a 0.5 m)	0	
B+	Sedimentazione limitata o moderata (≤ 3 m)	3	
C+	Sedimentazione intensa (>3 m)	6	
D+	Sedimentazione molto intensa (>6 m)	10	

Questo indicatore analizza le variazioni altimetriche (incisione o sedimentazione) verificatesi in passato. L'esistenza di variazioni altimetriche passate determina una dinamica verticale dell'alveo maggiore. Le variazioni altimetriche complessive verificatesi in una o più fasi di incisione che hanno seguito un periodo di sedimentazione o equilibrio sono valutate, a partire circa dalla fine del XIX – inizi XX secolo. Tale semplificazione permette di avvalersi delle evidenze sul terreno (dislivelli complessivi tra attuale piana inondabile e terrazzo recente). Si esegue una ricerca di informazioni e dati disponibili (rilievi topografici di profili e/o sezioni), successivamente si valutano le evidenze sul terreno. Nel caso di incisione, si stima l'abbassamento generale del fondo basandosi sulla misura di dislivelli tra superfici omologhe, usufruendo di osservazioni con foto aeree, che consentono di ricavare informazioni cronologiche sulle superfici dove si misurano i dislivelli: ad esempio, misurando sul terreno il dislivello tra sommità delle ghiaie lungo una scarpata di erosione e la sommità delle ghiaie delle barre attuali, possiamo ricavare una stima dell'abbassamento del letto per un determinato anno. Per mezzo dei dati disponibili e/o delle evidenze e misure sul terreno si classificano le variazioni altimetriche per attribuire il tratto ad una delle classi di variazione.

5.2 Metodologia di elaborazione Fase 1 “Caratterizzazione del sistema fluviale”

5.2.1 Inquadramento generale del bacino (sottofase 1)

Il bacino del fiume Simeto ha un'estensione di 4192,68 km², ricade nel versante orientale della Sicilia e recapita le sue acque nel mar Ionio (Fig. 5.2). Lo spartiacque del bacino ad Est lo troviamo sui terreni vulcanici permeabili dell'Etna, a Nord sui monti Nebrodi, ad Ovest è adiacente con il bacino del fiume Imera meridionale. A Sud-Est e Sud il limite del bacino si sviluppa lungo i monti che rappresentano il limite tra i bacini del fiume Gela, Acate e San Leonardo (Lentini). Il bacino rientra nelle provincie di Catania ed Enna ed in misura molto minore nella provincia di Messina, Siracusa, Caltanissetta e Palermo.

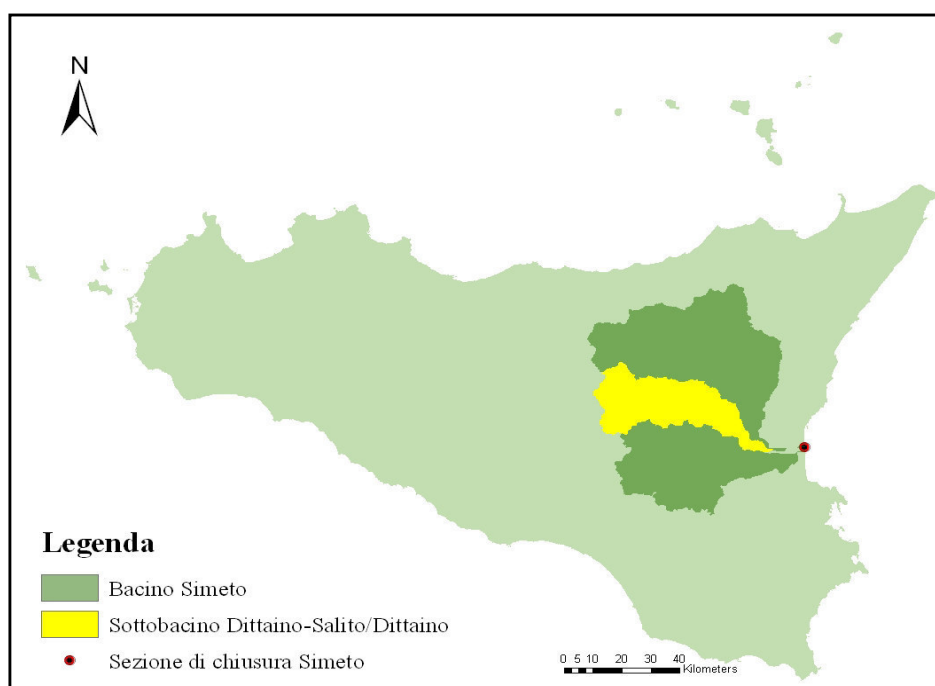


Figura 5.2 - Bacino del Simeto ubicazione dei Sottobacini Dittaino-Salito e Dittaino.

L'altitudine del bacino è compresa tra 0 m s.l.m, fino ai 3.274 m s.l.m, con una media di 531 m s.l.m. (Regione siciliana, 2000; Regione siciliana, 2002). Il bacino ha un perimetro di 340,32 km è solitamente distinto in cinque principali sotto-bacini: **Alto e Medio Simeto**, **Salso**, **Dittaino**, **Gornalunga** e **Basso Simeto**.

Il Bacino dell'**Alto e Medio Simeto**, sino alla convergenza con il F. Salso (733 km²), comprende il versante meridionale dei Nebrodi e le pendici occidentali dell'Etna. Il reticolo idrografico è contraddistinto da un buon numero di immissari in sponda destra dell'asta principale del Simeto (che assume questo nome dalla confluenza tra il T. Saracena e il T. Cutò), non sussiste di fatto una rete idrografica principale, a causa delle formazioni vulcaniche porose e molto permeabili dell'Etna.

Il Bacino del **Salso** (808 km²) annovera la porzione più occidentale del versante meridionale dei Nebrodi con una rete idrografica diramata considerevolmente a monte (T. di Sperlinga, T. di Cerami, T. Mande), una parte centrale (a valle del serbatoio Pozzillo) che procede nella vallata con andamento Ovest-Est ed una porzione finale che, in seguito all'immissione delle acque del F. di Sotto Troina sfocia nel Simeto. L'asta principale del Salso si estende globalmente per circa 65 km.

Il Bacino del **Dittaino** (959 km²) è racchiuso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud, ha una rete idrografica nella parte montana abbastanza diramata, con tendenza meandriforme nella porzione centrale e valliva. Nel presente lavoro il Dittaino è suddiviso in Dittaino-Salito e Dittaino secondo una più recente nomenclatura regionale.

Il Bacino del **Gornalunga** (1001 km²) ha inizio dai Monti Erei e include il corso d'acqua principale, dove è stato realizzato il serbatoio Don Sturzo (Ogliastro), e il bacino del suo maggiore affluente di destra, il Fiume Monaci, con i suoi molteplici tributari (Fosso Acquabianca, Fosso

Pietrarossa, Fiume Caltagirone, ecc). L'asta principale del Gornalunga si estende nell'insieme per circa 80 km.

Il Bacino del **Basso Simeto**, si estende dalla convergenza del Salso alla foce, comprende il tronco vallivo del Simeto che percorre la Piana di Catania e accoglie le acque del Fiume Dittaino, infine riceve quelle del fiume Gornalunga. Il Fiume Simeto è considerato il maggiore fiume siciliano in relazione alla estensione del bacino idrografico, ha origine a circa 10 km a nord-ovest di Bronte dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, originatisi dalle pendici dei monti Nebrodi. Subito dopo essere passato sotto il Ponte della Cantera, riceve il Troina, primo rilevante tributario da destra. In un secondo tempo il fiume assume direzione Sud, incamerandosi in uno scenografico tratto ingolato formato da materiale lavico derivante dalle eruzioni dell'Etna.

Nei pressi di Adrano procede il Simeto formando il confine tra le province di Catania ed Enna, accogliendo inoltre da destra uno dei suoi maggiori affluenti: il fiume Salso (si richiama l'esistenza di omonimo fiume, sito nella Sicilia occidentale), considerato come uno della sua più importante diramazione sorgentizia. Superata questa confluenza il fiume continua deviando lievemente in direzione Sud-Est, aumentando il proprio letto ciottoloso e bagnando il territorio comunale di Paternò. Pervenuto presso la località la Rotondella, entra nella Piana di Catania, defluendo con andamento lento e sinuoso. Qui accoglie da destra rispettivamente a 8 km e a 2 km dalla foce gli ultimi due rilevanti affluenti del suo bacino: il Dittaino e il Gornalunga, in seguito sfocia nel Mar Ionio del Golfo di Catania, a sud dell'area metropolitana di Catania. Il bacino del Simeto, occupando un vasto territorio, è contraddistinto da una litologia notevolmente variabile e strutturata. L'area compresa nel bacino del Simeto ricade in due domini strutturali:

- Catena Appenninico-Maghrebide: Interessa l'area centro-settentrionale del bacino, catena montuosa prolungata in senso est-ovest scaturente dall'intensa deformazione di successioni sedimentarie nel corso dell'orogenesi alpina. I depositi alluvionali quaternari rappresentano gli attuali letti dei fiumi o terrazzati in diversi ordini.
- L'Avanpaese Ibleo: Rappresenta la parte meridionale del bacino, composto da terreni calcarei e vulcanici facente parte della crosta africana, è interessato da faglie distensive orientate NW-SE che lo abbassano verso NW. Ciò ha originato a una naturale depressione denominata "Fossa di Gela" dove è impostata la Piana di Catania. L'edificio vulcanico dell'Etna è collocato al margine settentrionale di suddetta fossa subsidente.

Osservando i differenti litotipi emergenti nel bacino idrografico, sotto l'aspetto idrogeologico, è possibile affermare come esso sia costituito in maggioranza da terreni impermeabili o a permeabilità molto bassa. Sono presenti in ogni caso estesi affioramenti delimitati di terreni permeabili di notevole consistenza che permettono il formarsi di acquiferi sotterranei analogamente alla zona vulcanica dell'Etna. Nei suoli impermeabili si ha unicamente circolazione di acque superficiali a regime torrentizio con alternanza tipica di periodi di secca con brevi ma alle volte violente piene.

L'origine geologica dei terreni, sedimentari e vulcanici, evidenzia i presupposti di base per i fenomeni di dissesto che è possibile rilevare, particolarmente a proposito dei litotipi in prevalenza argillosi (Regione Siciliana 2004). Tra le argille stesse si osservano delle diversità che agevolano la tendenza ai fenomeni franosi propriamente detti per le marne, le argille frammiste ai depositi evaporitici e le argille varicolori, i flysch argillosi e le argille brecciate evidenziano una prevalenza maggiore di

manifestazioni di dissesto diffusi e superficiali. Marne, argille sabbiose e brecciate, sono particolarmente soggette ai fenomeni erosivi. I litotipi più esposti ai fenomeni di crollo sono quelli con grado di cementazione maggiore, quali i banconi calcarenitici e arenacei, i conglomerati, i livelli di gesso e calcari evaporitici ed i calcari mesozoici. La situazione geostrutturale e la grande variabilità litologica determinano il rischio idrogeologico dell'area. Le formazioni geologiche danno resistenze diverse all'azione degli agenti erosivi, conseguentemente i versanti dell'area di bacino presentano una discreta varietà di forme.

Un elemento comune per i territori descritti è la sensibilità agli eventi climatici estremi (Regione Siciliana 2004). E' stato verificato come la zona centrale del bacino, tra le valli del Fiume di Sperlinga e del Dittaino, è soggetta in modo particolare ad eventi piovosi di forte intensità in autunno e primavera, con concentrazioni di pioggia maggiori rispetto al resto dell'area, mentre nel periodo estivo diviene particolarmente "asciutta".

Tutto questo favorisce una rilevante fragilità morfologica ed anche una elevata propensione allo sviluppo della desertificazione. Quanto affermato si riscontra soprattutto nelle scarpate rocciose, dove in conseguenza delle pressioni interstiziali dovute all'aumento di volume dell'acqua compattata in ghiaccio, avviene una frantumazione che determina il distacco di masse rocciose e conseguenti crolli gravitativi. La sensibilità più rilevante delle litologie più diffuse, con alta erodibilità e morfologie aspre, è peggiorata dall'assenza di vegetazione, che potrebbe mitigare l'azione di ruscellamento superficiale. L'assetto idrogeologico dell'area descritta potrebbe migliorare con una copertura vegetale permanente del territorio, che dovrebbe essere oggetto di pianificazione in sede di bacino e funzione delle caratteristiche pedologiche espresse, che bloccherebbe l'aggressione diretta delle piogge.

Il fiume Dittaino

Il sottobacino del fiume Dittaino è ripartito secondo la recente nomenclatura regionale nelle due sub-unità Dittaino e Dittaino-Salito, con un'estensione globale di circa 959 km² ed è racchiuso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud (Fig. 5.3). Il Dittaino ha origine, sotto il nome di torrente Bozzetta, a quota 925 m s.l.m. sulle pendici orientali dei monti Erei nella zona centrale della Sicilia. Il Dittaino nella sua totalità drena circa il 25% dell'intero bacino del Simeto. L'asta principale del corso d'acqua si sviluppa per circa 110 km nella fascia centrale del bacino del fiume Simeto. Esso racchiude due importanti opere per l'impiego delle acque a scopi irrigui: l'invaso Nicoletti che raccoglie i deflussi di circa cinquanta km² del bacino e la Traversa di derivazione per l'invaso Ogliastro. La parte più a monte, sino alla diga Nicoletti è interessata da qualche difesa di sponda, come muri in calcestruzzo, pennelli e qualche guado. La riconsegna dell'acqua all'alveo a valle della diga ha luogo tramite un lungo canale a sezione trapezia.

Le aree più montane del Dittaino, corrispondenti al sottobacino Dittaino-Salito, sono costituite in maggioranza da terreni impermeabili o con grado di permeabilità molto basso, la maggior parte del territorio è formato da argille e marne. Per la presenza di affioramenti della serie gessoso - solfifera inoltre la salinità delle acque del fiume e dei suoi immissari è abbastanza elevata. Nel sottobacino rientrano i centri abitati di Leonforte, Villarmosa, Assoro, Agira, San Giorgio e parte dei centri abitati di Cuticchi e Nicosia. Il sottobacino mostra una rete idrografica ramificata nella parte montana con una tendenza alle forme sinuose e meandriforme nelle aree centrali e vallive imposte dalla variabilità orografica e dal cambio di pendenze, con letto in parte ciottoloso e in parte sabbioso dove si

riscontrano talvolta barre e isole, che sono la conseguenza di processi di forte incisione e sedimentazione. Nelle aree più montane possiamo ritrovare qualche traccia di boschi ripariali. Lungo le sponde dei corsi d'acqua, dove lo strato arboreo supera i 10 metri, è presente una vegetazione spontanea attinente all'associazione vegetale *Salicetum albo-purpureae* caratterizzata dalla presenza di *Salix purpurea*, *Salix alba* e *Populus nigra* mentre nello strato arbustivo inferiore troviamo la *Tamarix africana* e altre specie di *Salix*, specialmente nelle zone più vallive del bacino. I bordi dei corsi d'acqua sono inoltre ricchi di canneti (*Arundo donax* e *Phragmites australis*) afferente all'associazione *Phragmitetum communis*. Nelle parti antropizzate dei terreni circostanti si ritrovano ampie coltivazioni di agrumi, olivo e frumento.

A circa 17 km a nord dalla traversa dell'Ogliastro, troviamo la confluenza tra il fiume Bozzetta, dalla destra, e il Torrente Crisa, dalla sinistra, che danno origine alla loro confluenza al Fiume Dittaino. Prima della confluenza del Bozzetta col Crisa osserviamo l'innesto del Torrente Girgia. Nel Torrente Crisa si osservano rilevanti opere trasversali realizzate per mitigare i fenomeni di incisione dovuti all'elevata pendenza propria di questi tratti del sottobacino. Nell'area di monte gli immissari principali sono poi il Calderari e il Mulinello-Ciaramito in destra idraulica con confluenza sul Bozzetta nell'area dell'agglomerato industriale del Dittaino. Queste zone ancora a monte della traversa dell'Ogliastro, adibita all'accumulo delle acque, sono caratterizzati da muri in calcestruzzo. Qui essa riceve anche la confluenza del Vallone Salito, piccolo affluente di sinistra del Dittaino che in parte è stato regimato con briglie e muri in calcestruzzo. L'autostrada CT-PA passa vicino al corso d'acqua, tangente ad una curva, a valle della quale si trova una briglia. L'alveo in quest'area è privo di sistemazioni, si possono rilevare numerosi "drizzagni" che hanno limitato la conformazione sinuosa

del fiume. La presenza di agrumeti tende a essere meno frequente che nella parte più valliva, proseguendo il Dittaino riceve da sinistra le acque del Fosso Sciaguana, sul corso del fiume si rileva in seguito la presenza di ulteriori briglie. Continuando in corrispondenza di un curvone, confluisce il Vallone Tirabue. Nei pressi dell'abitato di Catenanuova, si ha in sinistra idraulica l'immissione del Vallone Petroso. Il fiume conserva le stesse caratteristiche fino al Ponte sulla S.S. 288. In questa zona si rileva l'immissione del Vallone S. Antonino. In merito alle opere di sistemazione idraulica, a circa di 5 km da Passo Celso, si rileva un drizzagno che divide due strette anse nell'alveo naturale. L'alveo continua poi con l'introduzione di altre opere di consolidamento tra le quali diverse briglie, mentre tratti che presentano una curvatura maggiore hanno sponde rivestite con mantellate. Lo stesso rivestimento si rileva in corrispondenza di immissioni dei diversi valloni. Il Dittaino si congiunge nel Simeto come affluente di destra, al quale si innesta percorrendo una stretta curva proprio a monte della confluenza, che si trova a valle di un tratto con pendenze alternativamente più elevate e più moderate.

5.2.2 Suddivisione spaziale del reticolo geografico (sottofase 2)

La valutazione eseguita con il metodo IDRAIM ha previsto nel corso delle fasi di ricerca compiute presso il Di3A (Lazzaro, 2015) la realizzazione della Fase 1, espletata con la realizzazione della sottofase 1 “inquadramento generale del bacino” e più in particolare della sottofase 2 “Suddivisione spaziale del reticolo geografico” articolata nei quattro STEP, secondo quanto descritto nel manuale tecnico – operativo. La realizzazione dei primi tre STEP è stata effettuata con l'utilizzo del programma

elaborazione digitale G.I.S. (Geographic Information System) ArcGIS® 10.3, fornito dalla ESRI Inc. (Rinaldi *et al.*, 2014; Lazzaro, 2015). Tale software ArcGIS è dotato di diverse estensioni tematiche che consentono l'utilizzo di algoritmi di analisi aggiuntivi, per mezzo dei quali si possono realizzare analisi territoriali man mano più approfondite (Rinaldi *et al.*, 2014; Lazzaro, 2015; Loreggian, 2013).

La realizzazione della fase 1 è evidentemente necessaria per la successiva fase 2, oggetto di analisi e valutazione nel corso delle attività svolte. Di seguito sono richiamate sinteticamente le metodologie adottate per l'espletamento della fase 1 propedeutica alla Fase 2 di valutazione della Qualità Morfologica per l'ottenimento dell'IQM e di valutazione della Dinamica morfologica per quanto riguarda l'IDM.

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

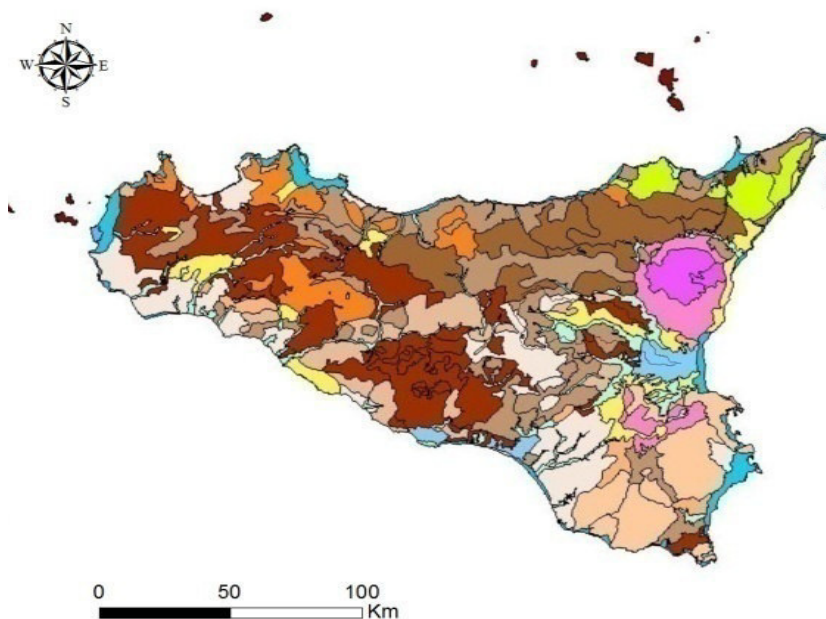
In questo STEP sono state utilizzate nel programma ArcGIS la Carta Tecnica Regionale (CTR) e le Ortofoto disponibili, che hanno consentito di definire con massimo grado di precisione l'area oggetto di studio, digitalizzando i confini. E' stata inserita nel programma anche la serie di DEM (Digital Elevation Model) disponibile per il bacino del Simeto per i sottobacini interessati.

E' stato creato un modello digitale che ha permesso di fissare i parametri morfometrici del bacino, pertanto è stato identificato e riprodotto sul sistema informatico il reticolo idrografico per lo studio dell'area. L'estensione ArcGIS Spatial Analyst del programma comprende funzioni di modellazione idraulica che consentono descrivere le parti morfo-idrologiche di un'area di studio. Le funzioni "hydrologic tools" permettono partendo da un modello digitale del terreno (DEM) di identificare il reticolo idrografico

e determinare i bacini idrografici per una qualsiasi sezione di chiusura, tali elaborazioni idrologiche in ambiente G.I.S. si fondano sulla nozione di confluenza del flusso di ruscellamento sulla superficie del terreno.

L'identificazione del reticolo idrografico o la delimitazione di un bacino sotteso a una qualsiasi sezione di chiusura, si effettua eseguendo una serie di STEP operativi. Preliminarmente occorre individuare, per ogni cella in cui è discretizzata la zona di indagine, la prevalente direzione del flusso di ruscellamento nella superficie del terreno indagato. Tale operazione è effettuata con il "Flow Direction Tool", che assegna un raster con la direzione del flusso in uscita da ogni cella. Si procede poi nell'analisi con l'applicazione del "Flow Accumulation Tool" che, inserendo in input il raster di output del Flow Direction, provvede a dare in output un raster che è la quantità di pioggia che defluirebbe in ogni cella, rispettando il concetto che tutta la precipitazione si trasforma in run-off superficiale.

Il reticolo può essere analizzato anche tramite la funzione *Stream Order Tool* (secondo la classificazione di Horton-Strahler) che attribuisce a ciascun ramo del reticolo un ordine per identificare e classificare i diversi tratti del reticolo con riferimento al numero di rami tributari. Bacini e sottobacini possono essere tracciati adoperando in input il raster ottenuto tramite il Flow Direction Tool con il "Watershed Tool (Rinaldi *et al.*, 2009; Rinaldi *et al.*, 2014; Lazzaro, 2015). Si è proceduto successivamente per il territorio oggetto di studio con l'analisi delle unità fisiografiche presenti in Sicilia (Fig. 5.4.). L'analisi dell'area ha quindi permesso successivamente di evidenziare le tipologie di unità fisiografiche percorse dai segmenti del Fiume Dittaino (Fig. 5.5). Gli elementi analizzati nel primo STEP sono stati utilizzati per la compilazione delle schede di rilevazione predisposte per le valutazioni della Fase 2.



LEGENDA

Pianura costiera	Rilievo costiero isolato
Pianura aperta	Paesaggio collinare eterogeneo
Pianura di fondovalle	Paesaggio a colli isolati
Pianura golenale	Montagne carbonatiche
Lagune	Montagne dolomitiche
Conca intermontana	Montagne metamorfiche e cristalline
Tavolato carbonatico	Montagne porfiriche
Tavolato lavico	Montagne terrigene
Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	Montagne vulcaniche
Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	Montagne granitiche
Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	Edificio montuoso vulcanico
Colline argillose	Rilievo roccioso isolato
Colline carbonatiche	Paesaggio montuoso con tavolati
Colline granitiche	Paesaggio dolomitico rupestre
Colline terrigene	Paesaggio glaciale di alta quota
Colline metamorfiche e cristalline	Altopiano intramontano
Colline moreniche	Valle montana
Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	Piccole isole

Figura 5.3 – Carta dei tipi e delle unità fisiografiche (Fonte ISPRA)

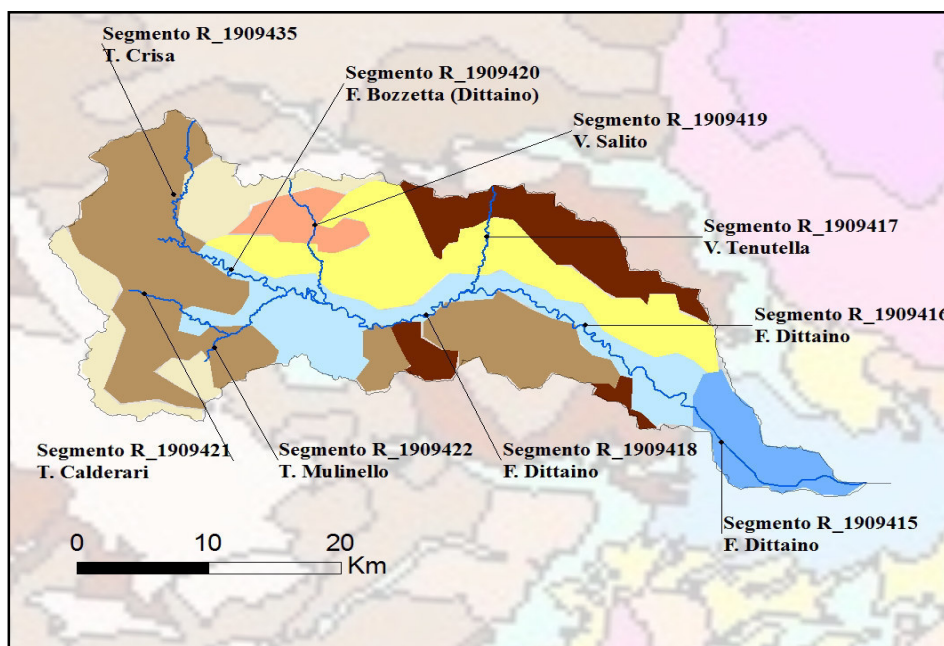


Figura 5.4 - Principali unità fisiografiche attraversate dai corsi d'acqua in esame (Lazzaro, 2015).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Nello STEP 2 sono stati suddivisi preliminarmente in tratti i segmenti oggetto di valutazione, per rilevare più in dettaglio le condizioni di confinamento. Il grado di confinamento evidenzia la percentuale di lunghezza del corso d'acqua con sponde a contatto con i versanti o terrazzi antichi, ed è stato determinato con un sistema di calcolo semi-automatico, grazie al programma ArcGIS® Arcmap 10.3. Nella fase di organizzazione è stato creato un buffer di 50 m verso l'esterno del poligono che identifica la pianura alluvionale, intersecato successivamente con la carta delle pendenze. Si è accettato che con pendenze $> 20\%$ siamo in presenza di versante e in automatico è stato rilevato se le sponde sono a contatto o meno con i versanti, determinando la percentuale di confinamento (G_c) per ogni

tratto. Calcolando la superficie occupata dai poligoni che individuano la piana alluvionale, l'alveo attivo dei tratti provvisori e la lunghezza del collettore principale, è stato identificato in maniera automatica l'indice di confinamento. La larghezza media per ogni tratto è stata calcolata con una semplice divisione, sia della piana sia dell'alveo e quindi del rapporto tra la larghezza della pianura (L_p) e la larghezza dell'alveo (L_a). La larghezza dell'alveo è stata calcolata in maniera automatica dal programma. Per ciascun tratto così determinato è stata assegnata la classe di confinamento come rappresentato in Figura 5.6 (Rinaldi *et al.*, 2014, Lazzaro, 2015).

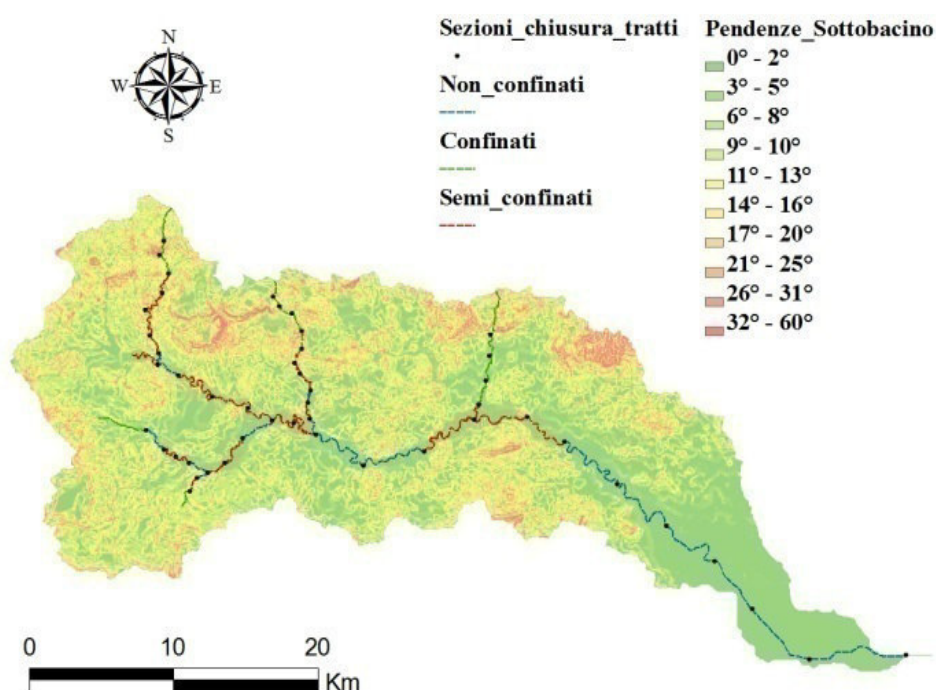


Figura 5.5 - Definizione del grado di confinamento e suddivisione preliminare dei segmenti in tratti (Lazzaro, 2015).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

Lo STEP 3 ha richiesto la determinazione dei seguenti indici: *Indice di sinuosità* (Is), *Indice di intrecciamento* (Ii) *Indice di anastomizzazione* (Ia). Trattandosi di un reticolo idrografico piuttosto esteso e ricadente in unità fisiografiche diverse, sono stati identificati i diversi indici secondo quanto rappresentato in Figura 5.7. In merito alla configurazione del fondo, sono stati esaminati i tratti nella successiva fase di rilevazione in campo. La caratterizzazione morfologica dei tratti ha previsto la raccolta, sempre con il sostegno del GIS, di altre informazioni fondamentali come la larghezza dell'alveo, la larghezza della piana alluvionale e la pendenza media del fondo (S) quale rapporto tra il dislivello di quota del fondo e la distanza misurata lungo l'alveo.

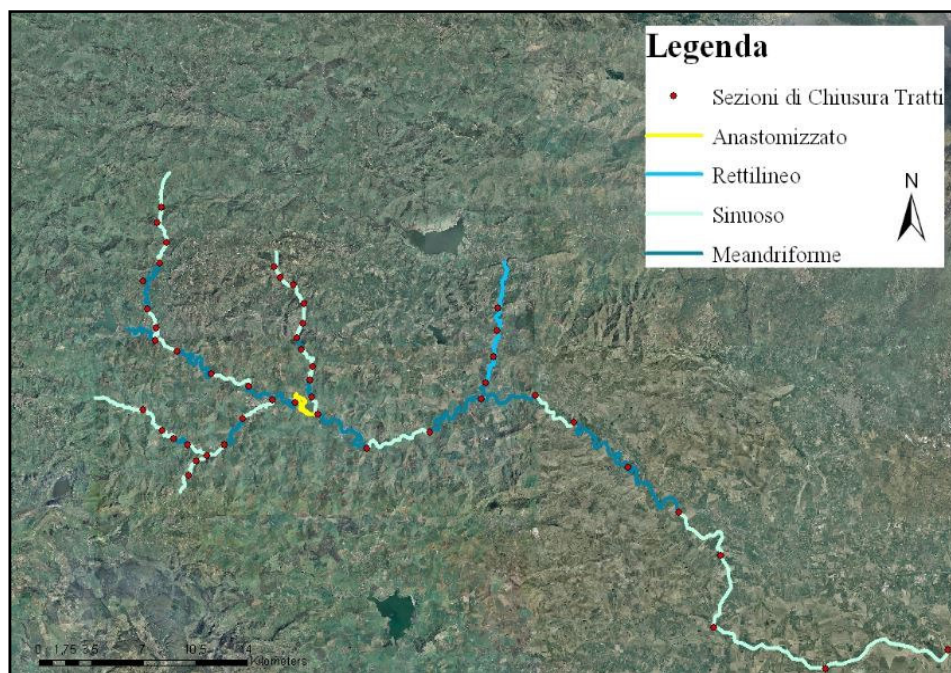


Figura 5.6 – Morfologie dell'alveo dei tratti del Fiume Dittaino.

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nella realizzazione di questo STEP si procede ad ultimare la definizione dei tratti omogenei dal punto di vista morfologico. La suddivisione finale in tratti relativamente omogenei per caratteri morfologici viene effettuata in primo luogo in base alla delimitazione dei segmenti, alle caratteristiche di confinamento e alla morfologia dell'alveo, altre discriminanti ed altri parametri vengono previsti ed espressi all'interno della procedura.

Secondo quanto espresso nella procedura descritta nel manuale tecnico, grazie all'impiego del programma ArcGIS® è stato possibile identificare nei torrenti discontinuità idrologiche, interventi antropici, dimensioni della pianura, larghezza dell'alveo e profilo longitudinale (Lazzaro, 2015; Loreggian 2013). La definizione finale dei tratti è stata realizzata considerando oltre ai parametri sopradescritti altri fattori complementari a quelli richiamati nella procedura, come la discontinuità della pendenza del fondo, le discontinuità idrologiche di tipo naturale come gli affluenti o artificiali come invasi, dighe, briglie o ponti. Sono state osservate quindi, secondo la procedura, le variazioni delle dimensioni della pianura o dell'indice di confinamento, le variazioni della larghezza dell'alveo e infine le variazioni della granulometria dei sedimenti (Rinaldi *et al.*, 2014, Lazzaro, 2015).

Il risultato finale è stato pertanto la definizione dei tratti omogenei dal punto di vista morfologico, analizzando taluni collettori del 10°, 9°, 8° e 7° ordine. La suddivisione finale dei segmenti in tratti sostanzialmente omogenei per caratteri morfologici, è rappresentata di seguito sinteticamente in Figura 5.8, verrà successivamente analizzata in dettaglio nel paragrafo dedicato ai risultati conseguiti per ogni segmento.

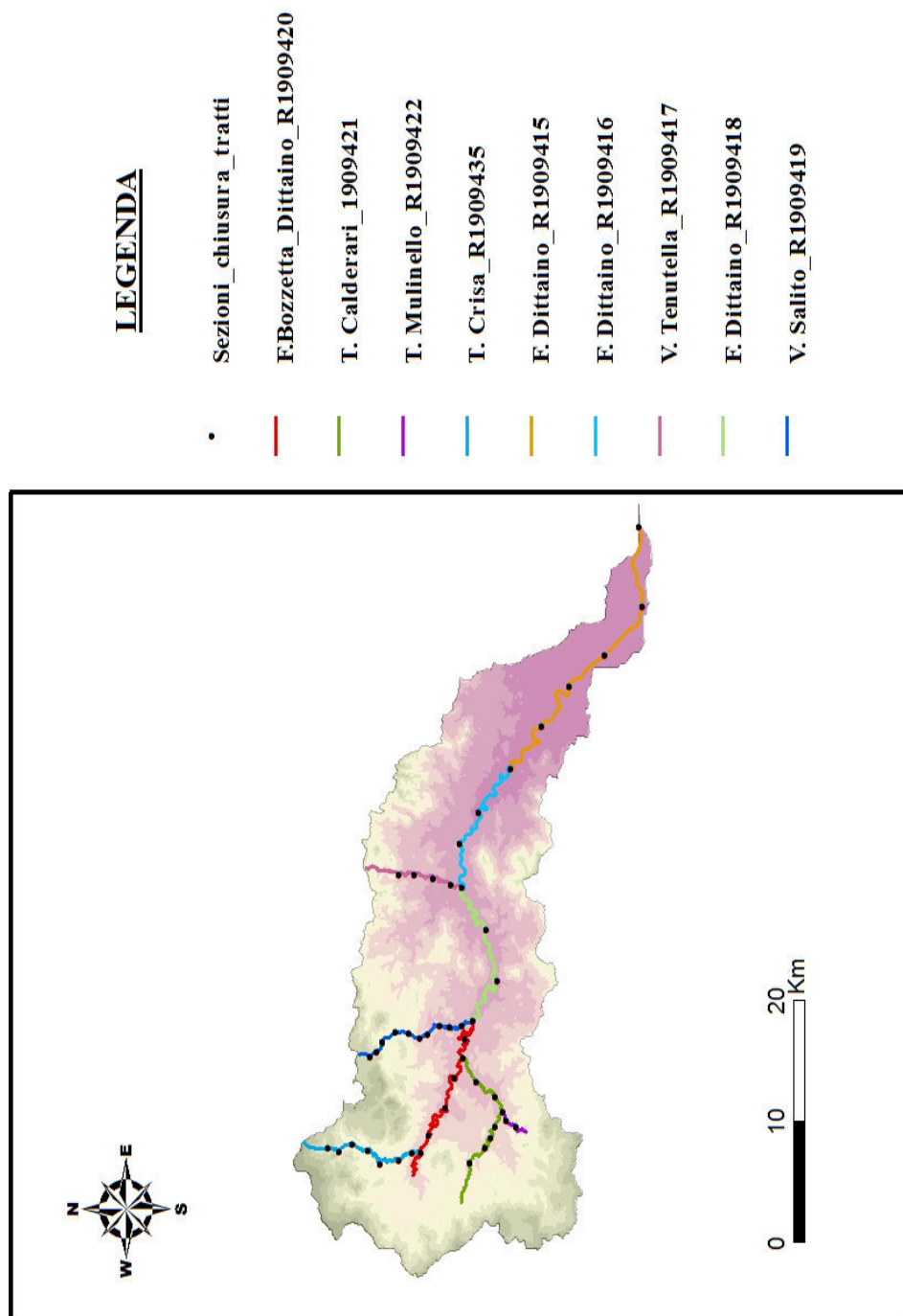


Figura 5.7 - Fiume Dittaino: suddivisione dei segmenti in tratti (Lazzaro, 2015)

5.3 Metodologia di elaborazione FASE 2 “Analisi della evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali”

5.3.1 Analisi dell’evoluzione passata (Sottofase 1)

La sottofase è stata applicata sui tratti identificati nella fase 1 secondo quanto previsto dal Sistema. Sono state effettuate le necessarie osservazioni in ambiente G.I.S analizzando le variazioni morfologiche dei corsi d’acqua e le variazioni di larghezza con il materiale cartografico e le immagini satellitari a disposizione. La valutazione ha richiesto diverse applicazioni per le necessarie osservazioni, anche riguardo al consistente numero di tratti indagati. Di seguito si riporta la metodologia realizzata che, seppur con alcuni limiti applicativi, scaturenti dalla carenza di fonti cartografiche utilizzabili relative ad una scala temporale degli ultimi 100-150 anni, ha consentito comunque una prima analisi dell’evoluzione dei fenomeni morfologici che hanno interessato il Fiume Dittaino. Ciò anche in relazione alle finalità del lavoro di ricerca, rivolte prioritariamente all’implementazione nella fase 2 delle sottofasi 2 e 3 relative alla valutazione della qualità morfologica e della dinamica morfologica.

Valutazione delle variazioni morfologiche

Le valutazioni sono previste per corsi d’acqua di dimensioni almeno superiori ai 20-30 metri, dove è agevole l’utilizzo di cartografia storica. In merito agli orizzonti temporali di riferimento si è utilizzata la scala degli ultimi 50 anni, resa possibile dalla disponibilità del materiale cartografico volo GAE 54/55. In considerazione del materiale a disposizione sono state valutate, stante eventuali errori interpretativi, le variazioni morfologiche sia

per i tratti con alvei di larghezza superiore ai 30 metri che per tratti di larghezza inferiore. Ciò è avvenuto procedendo nei tratti Semi-Confinati e Non-Confinati, anche con dimensioni dell'alveo esigue ma che consentissero con un certo grado di approssimazione una valutazione, escludendo comunque i tratti Confinati. La valutazione si è svolta con il calcolo degli indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione per le condizioni dell'epoca, che hanno consentito di assegnare la configurazione morfologica passata. Il confronto ha previsto l'osservazione della trasformazione dei corsi d'acqua da tipologie contigue a tipologie non contigue. Nel lavoro, i cui risultati sono riportati nel paragrafo 6.1 - Tabella 6.2 *“Risultati fase 2 Sottofase 1 Analisi evoluzione passata”*, assegnate le tipologie morfologiche per ogni segmento, si è operato il confronto delle variazioni morfologiche in rapporto alla lunghezza dei tratti osservati. Le osservazioni sono state rappresentate graficamente per ogni segmento e per il fiume Dittaino nella sua globalità.

Variazioni della larghezza dell'alveo

Le variazioni morfologiche sono valutate per tratti con alvei di larghezza superiore ai 30 metri, osservando contestualmente le variazioni di larghezza intervenute nell'arco temporale prescelto. Le scale temporali che si è scelto di utilizzare per un raffronto multi temporale delle variazioni di larghezza, sono state quella degli ultimi 50 anni grazie alla disponibilità delle foto aeree del 1954, raffrontate sia con le orto foto degli anni 2000 e 2008 che con le immagini satellitari disponibili (Google Earth). Si è potuto stimare la scala degli ultimi 10-15 anni, sempre grazie alla risoluzione offerta dalle immagini satellitari (Google Earth) per analizzare le tendenze attuali. Le fonti planimetriche utilizzate (cartografia, foto aeree e immagini

satellitari) hanno permesso di valutare le variazioni di larghezza confrontando le larghezze dell'alveo calcolate tracciando le sezioni di analisi ortogonali all'asse del corso d'acqua, negli intervalli temporali prescelti. In considerazione della qualità delle immagini, si è scelto di suddividere le osservazioni condotte per le variazioni della larghezza dell'alveo dal 1954 al 2002 e dal 2002 alle ultime immagini satellitari disponibili. La discriminante considerata è stata tra i tratti Confinati, che non sono stati oggetto di analisi, e quelli Semi-Confinati e Non-Confinati, oggetto di valutazione. I risultati sono rappresentati graficamente per ogni segmento utilizzando le classi di allargamento e restringimento dell'indicatore M5 delle schede di rilevazione della dinamica morfologica.

Variazioni della quota del fondo

Non si è ritenuto che le informazioni a disposizione, quali rilievi topografici e la recente cartografia, consentissero un raffronto temporale sull'altimetria sufficiente per una caratterizzazione accurata delle variazioni della quota del fondo, pertanto tale valutazione non è stata messa in atto.

5.3.2 Valutazione della qualità morfologica (Sottofase 2)

Lo stato attuale dei tratti individuati nella Fase 1 è stato valutato compiendo le prime osservazioni in ambiente G.I.S., in seguito si è proceduto con le analisi in campo per studiare le caratteristiche dei corsi d'acqua e la loro qualità morfologica. La valutazione ha richiesto diversi sopralluoghi per compiere i necessari rilievi, anche riguardo al consistente numero di tratti indagati. Di seguito si descrive la metodologia realizzata che ha rispettato quanto prescritto nel Manuale tecnico.

Valutazione della funzionalità morfologica

La prima Categoria è stata analizzata con l'obiettivo di predisporre la compilazione delle schede di rilevazione già descritte, con la finalità di rendere comparabili i risultati da remoto con i rilievi effettuati in campo per determinare gli indicatori precedentemente espressi. Gli indicatori della funzionalità morfologica sono stati suddivisi nelle componenti Continuità, Morfologia e Composizione della vegetazione perifluviale. Il rilievo effettuato sul campo ha avuto lo scopo di verificare l'attribuzione delle risposte e dei conseguenti punteggi. L'assegnazione dei valori degli indicatori è stata portata a termine considerando le caratteristiche dell'ambiente e seguendo quanto indicato nella “guida alle risposte” del manuale tecnico IDRAIM (Greco, 2015; Rinaldi *et al.*, 2014, Lazzaro, 2015).

Valutazione dell'artificialità del corso d'acqua

La seconda Categoria, riguardante l'artificialità del corso d'acqua, è stata analizzata con l'identificazione degli elementi antropici che condizionano, sia in alveo sia nelle sponde, il tratto osservato. Essi riguardano elementi di alterazione longitudinale, trasversale e spondale a monte del tratto e all'interno del tratto in esame. Non disponendo la Regione siciliana di un Catasto Opere sono state adoperate le immagini tele rilevate, proseguendo con le successive osservazioni sul campo. Anche in questo caso l'assegnazione dei valori degli indicatori è stata attuata considerando le caratteristiche dell'ambiente e seguendo le indicazioni contenute nella “guida alle risposte” del manuale tecnico IDRAIM (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014).

Valutazione delle variazioni morfologiche

Come precisato nel manuale tecnico-operativo IDRAIM, gli indicatori previsti dalla Categoria variazioni morfologiche, dovevano essere valutati per i tratti con alvei di larghezza superiore ai 30 metri. In considerazione delle immagini a disposizione nel corso della ricerca, si è proceduto ciononostante a valutare, fermo restando la possibilità di eventuali errori interpretativi, sia i tratti con alvei di larghezza superiore ai 30 m e sia i tratti di larghezza inferiore ai 30 metri.

Ciò è stato possibile grazie alla migliore risoluzione offerta dalle immagini satellitari (Google Earth) che dalla disponibilità delle foto aeree del 1954 (volo GAE), che sono state accuratamente analizzate. L'acquisizione del materiale cartografico volo GAE 54/55 ha infatti consentito di calcolare gli indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione per le condizioni dell'epoca, che hanno permesso dunque di attribuire la configurazione morfologica dell'epoca di riferimento e di osservare le variazioni di larghezza intervenute nell'arco temporale prescelto. La discriminante che è stata tenuta in considerazione è stata sempre tra i tratti Confinati, che non sono stati oggetto di analisi, e quelli Semi-Confinati e Non-Confinati, oggetto di valutazione (Caggegi, 2015; Greco 2015; Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014).

Occorre considerare che nel lavoro di ricerca sono stati esaminati un elevato numero di tratti, che presentano tra di loro delle caratteristiche molto differenti, relativamente alla presenza di tratti parzialmente antropizzati, principalmente in vicinanza di centri abitati, di tratti che presentano un alto rischio idrogeologico, ed altri tratti con caratteristiche che si avvicinano molto alla condizione di naturalità (Caggegi, 2015; Greco 2015).

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

L'ultima parte della scheda di valutazione computa in modo automatico i punteggi totali, sono stati così ottenuti l'Indice di Alterazione Morfologica (IAM) e l'Indice di Qualità Morfologica dove $IQM = 1 - IAM$. Per mezzo dell'IQM si attribuisce conseguentemente la classe di qualità morfologica del tratto, classificazione che prevede la suddivisione in: elevato, buono, moderato, scadente, pessimo. Occorre considerare come in base all'informazione sul grado di confidenza si può conseguire una stima del grado di incertezza globale del punteggio finale. Si ottiene un campo di valori, se l'intervallo è ristretto il risultato è ritenuto apprezzabile, al contrario è possibile che sussista un'incertezza nell'assegnazione alla classe finale. L'assegnazione della classe di qualità morfologica nel lavoro effettuato si può considerare con un buon grado di confidenza.

5.3.3 Valutazione della Dinamica Morfologica (Sottofase 3)

L'osservazione di alcuni indicatori planimetrici è avvenuta con la comparazione, in ambiente G.I.S., di immagini tele-rilevate in diversi anni. Gli indicatori sopradescritti possono essere indubbiamente impiegati su corsi d'acqua aventi larghezze > 30 m, mentre potrebbero non essere applicabili per corsi d'acqua di dimensioni inferiori dove le immagini analizzate non hanno qualità sufficiente a consentire di eseguire valutazioni affidabili per l'insufficiente definizione delle immagini, se non completate attraverso sopralluoghi in campo. La metodologia attuata nel presente lavoro di ricerca ha rispettato quanto previsto dal Manuale tecnico, di seguito indicata per ogni Categoria (Rinaldi *et al.*, 2014; Rinaldi *et al.*, 2015).

Valutazione della morfologia e processi

La valutazione della morfologia e processi comincia da aspetti di carattere generale (tipologia d'alveo, materiale che costituisce le sponde e il fondo), in seguito si prendono in considerazione i processi di arretramento delle sponde, mentre alla fine sono osservate le tendenze alla scala degli ultimi 10 – 15 anni della larghezza e del fondo di tipo distribuito. Sono contenuti elementi di artificialità, valutati ad esempio tra i tipi di materiale costituenti fondo e sponde. L'assegnazione dei valori degli indicatori è stata realizzata tenendo conto delle peculiarità dell'ambiente e secondo le informazioni della “guida alle risposte” del manuale tecnico IDRAIM (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014).

Valutazione dell'artificialità del corso d'acqua

Nel corso della valutazione sono stati tenuti in considerazione gli elementi artificiali, valutandone i loro possibili effetti sui processi (es. difese di sponda come impedimento dei processi di arretramento delle sponde).

Questa suddivisione è ritenuta valida poiché è possibile scomporre le varie componenti e cause che definiscono o meno condizioni di dinamica morfologica. Si precisa inoltre che il metodo non presume una valutazione accurata sullo stato delle opere: se esse sono all'interno o nelle immediate adiacenze dell'alveo attuale, in difetto di informazioni specifiche, vengono accettate come interferenti con la dinamica morfologica. Anche per l'assegnazione dei valori degli indicatori si è tenuto conto delle peculiarità dell'ambiente e delle indicazioni contenute nella “guida alle risposte” del manuale tecnico IDRAIM (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2014).

Valutazione delle variazioni morfologiche

La valutazione effettuata nell'arco temporale degli ultimi cinquanta anni dimostra una certa instabilità, un processo di dinamica morfologica in grado di evolversi ulteriormente e manifestarsi nel corso degli eventi di piena di una certa intensità conduce a modifiche morfologiche verso configurazioni precedenti. Ogni indicatore è attribuito a una delle due componenti che rappresentano la dinamica morfologica: (1) dinamica verticale; (2) dinamica laterale. La prima è di pertinenza di tutti gli aspetti ed eventi connessi con la dinamica morfologica del fondo (erodibilità del fondo, tendenze altimetriche, processi di fondo localizzati, opere di rivestimento o consolidamento, ecc.). La seconda concerne gli aspetti collegati con l'arretramento delle sponde e le variazioni di larghezza (erodibilità delle sponde, tendenze di larghezza, difese di sponda, ecc.). Con l'acquisizione delle foto aeree volo GAE 1955, si è reso possibile, ricalcolare gli stessi indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione per l'epoca, pur con le oggettive difficoltà interpretative ed i margini di errore, che hanno consentito una prima sperimentazione per la sottofase 1 della fase 2 e contestualmente la stima degli indicatori, ad eccezione del V3 per i quali non si dispongono di dati ritenuti validi. Pertanto per gli indicatori V1 e V2 è stata rilevata l'incidenza sui singoli tratti del segmento per un'osservazione dell'evoluzione dei processi di dinamica morfologica. Sulla base delle misurazioni effettuate per gli indici citati, sono stati valutati tali indicatori raffrontando i dati delle foto aeree degli anni '50 con quelle che si riferiscono alle condizioni attuali, operando infine il rapporto sulla lunghezza totale dei tratti del segmento osservato. Sono state ottenute così le valutazioni sulla Variazione di Configurazione Morfologica e analizzate le variazioni di larghezza avvenute nell'arco temporale di riferimento.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

La valutazione finale si conclude con la determinazione dell'Indice di Dinamica Morfologica (*IDM*), definito dal rapporto tra punteggio totale (*P_{tot}*) e punteggio massimo ($P_{max} = 100 - P_{na}$, dove *P_{na}* è la somma dei punteggi massimi degli indicatori che non sono applicati). L'indice assume un valore pari a zero per un corso d'acqua assolutamente stabile e privo di dinamica morfologica, al contrario assume dei valori pari a uno nel caso di massima dinamica. Nel Sistema sono state definite le diverse classi di dinamica morfologica sulla base dei valori dell'*IDM* ottenuti: una classe alta contiene quei casi in cui, oltre a condizioni di elevata dinamica (elevata energia, elevata erodibilità delle sponde, ecc.), sussista una rilevante instabilità dell'alveo, verificatasi nel passato e/o durante gli ultimi 10-15 anni. La classe più bassa pertanto identifica i casi di forte stabilità morfologica, associata solitamente a condizioni di bassissima energia, e/o di forte controllo artificiale. Sono state attribuite ai tratti analizzati le pertinenti classi di dinamica morfologica, rappresentando numericamente le classi più frequenti nel segmento.

6 RISULTATI E DISCUSSIONI

6.1 Valutazione della qualità e della dinamica morfologica sui segmenti del Fiume Dittaino

L'applicazione del Sistema IDRAIM nel bacino del Simeto per il fiume Dittaino ha inteso pertanto applicare il metodo, con l'opportunità di sperimentarne potenzialità e limiti. Nel presente paragrafo, dedicato ai risultati raggiunti nel corso della ricerca, sono esposte in primo luogo delle tabelle riassuntive di tutti i dati ottenuti dall'applicazione messa in atto del Sistema nel territorio di analisi, suddivisi nei due sottobacini, per i segmenti e i tratti individuati e codificati. Per rendere agevole e più facilmente comprensibile la lettura delle tabelle allegate, si riportano di seguito le caratteristiche dei dati e dei contenuti.

Nella Tabella **6.1** *“Fase 1 Inquadramento e suddivisione iniziale”*, sono riportati i dati relativi ai risultati conseguiti nell'applicazione del sistema per la fase di segmentazione e di suddivisione dei segmenti in tratti. Il lavoro, svolto in ambiente GIS e raffrontato per completare le schede di rilievo predisposte con sopralluoghi in campo, ha consentito di dettagliare i risultati che si riferiscono ai 4 STEP previsti: punto 1. Inquadramento fisiografico (STEP 1), dove sono state riportate le osservazioni riguardanti l'Ambito fisiografico e l'Unità fisiografica; punto 2. Confinamento (STEP 2), con la determinazione del Grado di confinamento, al numero canali, indice di confinamento ed infine della Classe di confinamento attribuita ad ogni tratto; punto 3. Morfologia d'alveo (STEP 3) riporta gli Indici di sinuosità, intrecciamento e anastomizzazione calcolati per determinare la tipologia morfologica. Altre informazioni riguardano la Configurazione del fondo, la pendenza media, la larghezza media, la lunghezza dei tratti ed i sedimenti dell'alveo.

Nella Tabella **6.2** “*Fase 2 Sottofase 1 Analisi evoluzione passata*”, sono riportati i dati relativi alle variazioni di configurazione morfologica dal 1954 al 2008 ed alle variazioni di larghezza, effettuata con misurazioni reali delle variazioni di larghezza acquisite tramite le foto in bianco e nero (volo GAE IGM anno 1954). E’ stata stabilita convenzionalmente la data dell’anno 2002 per distinguere le valutazioni e le misure ottenute dalle variazioni di larghezza degli ultimi 10-15 anni, con riferimento alla qualità delle immagini satellitari disponibili per le diverse zone ed eseguita sulla base delle osservazioni effettuate per l’indicatore M5 del Sistema relativa alla valutazione della dinamica morfologica, di cui sono stati utilizzati gli stessi intervalli di classificazione. L’analisi prevedeva anche l’osservazione delle Variazioni di fondo, per i quali non si è proceduto non disponendo di dati sufficientemente attendibili.

La Tabella **6.3** – “*Fase 2 Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - Funzionalità Geomorfologica*” riporta le valutazioni attribuite per ciascun indicatore nei corsi d’acqua osservati per tutti i tratti analizzati, per l’implementazione della sottofase 2 relativa alla Valutazione della Qualità Morfologica con riferimento alla parte delle schede di ricerca relativa alla Categoria Funzionalità geomorfologica, suddivisa a sua volta nelle tre Componenti *Continuità*, *Morfologia* e *Vegetazione fascia perifluviale*.

Nella Tabella **6.4** allo stesso modo è stata riportata l’indicazione delle attribuzioni effettuate per ogni indicatore per la Categoria “Artificialità”, suddivisa nelle Componenti *Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte*, *Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto*, *Opere di alterazione della continuità laterale*, *Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato*, *Interventi di manutenzione e prelievo*.

Tabella 6.1 Fase 1 Inquadramento e suddivisione iniziale

FASE 1 - INQUADRAMENTO E SUDDIVISIONE INIZIALE - (STEP 1,2,3)																
Generalità			1.Inquadramento fisiografico		2.Confinamento				3.Morfologia d'alveo							
Cod segmento	Cod. tratto	Lung. (m)	Ambito fisiografico	Unità fisiografica	Grado confinamento	N° canali	Indice confinamento	Classe confinamento	Indice sinuosità	Indice intrecc.	Indice anastomiz.	Tipologia	Conf. fondo	Pend. media fondo (%)	largh. media alveo (m)	Sed. alveo
R1909435	0101	2876	CM	CTm	100	1	1.2	C				CS	G	10.8	0	C
	0102	1402	CM	CTm	92.4	1	1.2	C				CS	G	1.7	0	C
	0103	1952	CM	CTm	88.6	1	1.2	C				CS	G	2.8	18	C
	0104	1806	CM	CTm	18.4	1	6.8	SC	1.32	1	1	S	LP	0.25	21	C
	0105	2632	CM	CTm	64.3	1	2.6	SC	1.78	1	1	M	LP	0.11	39	C
	0106	2698	CM	CTm	16.8	1	8.4	SC	1.54	1	1	M	LP	0.7	20	C
	0201	1568	CM	PFm	27.8	1	4.7	SC	1.34	1	1	S	LP	2	23	G
	0202	1228	CM	PFm	0	1	19.7	NC	1.48	1	1	S	LP	1.8	18	C
R1909422	0101	1700	CM	CTm	99.8	1	1	C				CS	LP	2.9	17	C
	0102	1352	CM	CTm	53.4	1	2.7	SC	1.29	1.46	1	S	LP	1.9	29	C
	0103	834	CM	CTm	7.6	1	15.5	NC	1.05	1	1	S	LP	3.2	12	C
R1909421	0101	3885	CM	CTm	92.1	1	1.2	C				CS	C	1.3	4	A
	0102	2420	CM	CTm	2.6	1	19.1	NC	1.28	1	1	S	LP	1	14	A
	0201	1682	CM	PFm	11.2	1	5.2	SC	1.78	1.19	1	S	LP	1.4	33	A
	0202	1886	P	PFm	23.4	1	18.5	SC	1.83	1	1	M	LP	0.5	14	A
	0203	1669	P	PFm	6.8	1	8.4	NC	1.13	1	1	S	LP	1.5	43	A
	0301	1525	CM	CTm	17.2	1	8.1	SC	1.12	1	1	S	LP	0.2	53	A
	0401	3220	P	PFm	8.8	1	1.4	SC	1.51	1	1	M	LP	0.6	67	A
	0402	3093	P	PFm	0	1	9.3	NC	1.31	1.1	1	S	LP	0.6	61	L
R1909420	0101	3447	P	PFm	17.3	1	13.5	SC	1.96	1	1	M	LP	0.6	23	A
	0102	1851	P	PFm	7.5	1	7.9	NC	1.15	1.2	1	S	LP	0.6	49	G
	0103	6213	P	PFm	42.2	1	11.7	SC	2.26	1	1	M	LP	0.5	49	G
	0104	3362	P	PFm	29.2	1	5.7	SC	1.27	1	1	S	LP	0.4	74	G
	0105	2772	P	PFm	16.6	1	10.7	SC	1.51	1	1	M	LP	0.6	71	G
	0106	2636	P	PFm	20.5	1	26.3	SC	1.76	1.31	1.1	M	LP	0.6	42	G
	0107	2302	P	PFm	15.1	M	3.5	SC	1.31	1	2	M	LP	0.5	328	G
R1909419	0101	1094	M	TTm	100	1	1	C				CS	LP	11.9	4	C
	0102	835	M	TTm	100	1	1	C				CS	LP	6.7	5	C
	0201	1157	M	TTm	100	1	1	C				CS	LP	8.3	6	C
	0202	1710	M	RTm	100	1	1	C				CS	LP	2.7	5	C
	0203	1416	M	RTm	100	1	1	C				CS	LP	1.9	6	C
	0204	1192	M	RTm	100	1	1	C				CS	LP	2.2	6	C
	0301	1528	CM	Cem	62.3	1	2.1	SC	1.6	1.3	1	M	LP	1.6	22	G
	0302	2050	CM	Cem	6.8	1	6.2	NC	1.49	1.05	1	S	LP	1.2	29	G
	0303	1128	CM	PFm	8.4	1	5.6	NC	1.37	1.36	1	S	LP	0.07	37	G
	0401	1711	CM	PFm	67.4	1	6.1	SC	1.54	1	1	M	LP	0.09	27	G
	0402	1595	P	PFm	7.8	1	12.5	NC	1.15	1	1	S	LP	0.09	37	G
R1909418	0101	6152	CM	PFm	11.6	1	6.1	NC	1.52	1.35	1	M	LP	0.4	106	G
	0102	3981	CM	PFm	11.4	1	7.6	SC	1.29	1.04	1	S	LP	0.5	110	G
	0103	7633	CM	PFm	4.1	1	10.7	NC	1.61	1.13	1	M	LP	0.2	102	G
R1909417	0101	4181	CM	Cam	100	1	1	C				CS	LP	4.9	10	C
	0201	2193	CM	Cam	100	1	1	C				CS	LP	2.2	25	C
	0202	2239	CM	Cam	100	1	1	C				CS	LP	1.7	21	C
	0203	2358	CM	Cam	100	1	1	C				CS	LP	1.5	17	C
	0301	2046	P	PFm	68.7	1	4.6	SC	1.93	1.42	1	M	LP	0.5	61	G
R1909416	0101	6152	CM	PFm	11.6	1	6.1	NC	1.52	1.35	1	M	LP	0.4	106	G
	0102	3981	CM	PFm	11.4	1	7.6	SC	1.29	1.04	1	S	LP	0.5	110	G
	0103	7633	CM	PFm	4.1	1	10.7	NC	1.61	1.13	1	M	LP	0.2	102	G
R1909415	0101	6792	CM	PFm	0	1	14.4	NC	1.52	1.21	1	M	LP	0.3	132	S
	0102	5724	CM	PFm	0	1	18.9	NC	1.44	1.09	1	S	LP	0.2	132	S
	0103	5302	P	Pam	13	1	34.2	SC	1.12	1.03	1	S	LP	0.2	140	S
	0201	8713	P	Pam	0	1	30.2	NC	1.09	1	1	S	LP	0.2	153	S
	0202	9849	P	Pam	0	1	23.8	NC	1.18	1	1	S	LP	0.2	147	S

Tabella 6.2 Fase 2 Sottofase 1 Analisi evoluzione passata

Fase 2 Sottofase 1 Analisi dell'evoluzione passata																
Cod. Segmento	Codice tratto	Variazioni della configurazione morfologica (SC/NC)					Variazioni di larghezza (SC/NC)									
		INDICI 1954			Conf. 1954	Conf. 2008	Anni 1954-2002				Anni 2002-2013					
		ls	li	la			L. MEDIA(m)	1954	2008	%	%	Restringimento		Variazioni a CS o SBA) o ≤5% (alvei CI o W)	Allargamento	
												>25% (alvei CS o SBA) o >15% (alvei CI o W)	>10% (alvei CS o SBA) o >5% (alvei CI o W)		>10% (alvei a CS o SBA) o >5% (alvei CI o W)	>25% (alvei CS o SBA) o >15% (alvei CI o W)
R1909435	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0104	1.3	1	0.8	S	S	31	21	32.26			X				
	0105	1.66	1.2	0.4	M	M	35	39		10.26				X		
	0106	1.45	1.4	0.8	SBA	M	23	20	13.04					X		
	0201	1.08	1	0.66	S	S	24	23	4.17					X		
R1909422	0202	1.66	1	0.66	M	S	23	18	21.74					X		
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0102	1.2	1.3	0	SBA	S	17	29		41.38			X			
R1909421	0103	1.2	1	0	S	S	7	12		41.67			X			
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0102	1.67	1.3	0.33	M	S	18	14	22.22					X		
	0201	1.32	1	0	S	S	16	33		51.52			X			
	0202	1.47	1	0	S	M	17	14	17.65			X				
	0203	1.24	1	0	S	S	15	43		65.12		X				
	0301	1.16	1.2	0.5	SBA	S	13	53		75.47				X		
	0401	1.41	1	0	S	M	17	67		74.63			X			
	0402	1.6	1	0.25	M	S	44	61		27.87			X			
R1909420	0101	1.71	1.2	1	M	M	38	23	39.47					X		
	0102	1.24	1.2	0	SBA	S	100	49	51.00				X			
	0103	2.18	1.25	0.33	M	M	54	39	27.78					X		
	0104	1.5	1.14	0	S	S	79	74	6.33					X		
	0105	1.4	1	0	S	M	106	71	33.02				X			
	0106	1.7	1.4	1.6	A	M	162	42	74.07				X			
	0107	1.94	2	2	A	M	156	328		52.44			X			
R1909419	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0301	1.63	1.3	0.66	M	M	35	22	37.14						X	
	0302	1.31	1	0	S	S	19	29		34.48			X			
	0303	1.57	1.5	1	M	S	39	37	5.13				X			
R1909418	0401	1.6	1	0	M	M	33	27	18.18				X			
	0402	1.16	1.7	1	SBA	S	160	37	76.88				X			
	0101	1.44	1.75	1.58	SBA	M	249	100	59.84				X			
R1909417	0102	1.93	1	0.1	M	S	79	118		33.05				X		
	0103	1.81	1.25	0.53	M	M	80	99		19.19			X			
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
R1909416	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0301	1.34	1	0.5	S	M	70	61	12.86		X					
	0101	1.59	1.28	0.43	M	M	96	106		9.43		X				
	0102	1.56	1.1	0.44	M	S	124	110	11.29					X		
R1909415	0103	1.65	1.12	0.37	M	M	83	102		18.63		X				
	0101	1.44	1.14	0.42	SBA	M	117	132	11.36					X		
	0102	1.57	1	0.13	M	S	186	132	29.03				X			
	0103	1.27	1.07	0.15	S	S	147	140	4.76				X			
	0201	1.19	1.4	0.4	SBA	S	149	153		2.61			X			
	0202	1.08	0.96	0	S	S	69	147		53.06	X					

Tabella 6.3 - Fase 2 Valutazione e analisi della Qualità Morfologica

FASE 2 Sottofase 2 - Categoria Funzionalità Geomorfologica														
Cod segmento	Codice Tratto	Continuità'					Morfologia					Vegetazione fascia perifluviale		
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13
R1909435	0101	A		A			A			A	A			C
	0102	A		A			A			A	A		B	B
	0103	A		A			A			A	A			C
	0104	B	B		B	B		B		B	A			B
	0105	B	B		B	A		B		B	A	C	B	B
	0106	B	B		B	B		B		B	A			B
	0201	B	B		B	C		B		B	A			A
	0202	A	B		B	B		B		B	A			B
R1909422	0101	A		A			A			A	A		A	A
	0102	A	B		A	A		A			A			B
	0103	A	B		A	A		A			A			B
R1909421	0101	A		A			A			A	A		C	B
	0102	A	B		A	A		A			A		B	A
	0201	A	B		A	A		A			A		B	A
	0202	A	B		A	A		A			A		B	A
	0203	A	B		A	A		A	B		A		B	A
	0301	A	B		A	A		A			A		B	A
	0401	A	B		A	A		A	B		A		B	A
	0402	A	B		B	B		B	B		A		B	A
R490420	0101	A	A		A	B		A		A	A			A
	0102	A	B		A	A		A		A	A		B	B
	0103	A	B		A	B		A	A	A	A		B	A
	0104	A	A		B	B		A	B	A	A			B
	0105	A	A		B	C		A	B	A	A			B
	0106	A	A		B	C		A	B	A	A			B
	0107	A	B		B	C		B	B	A	A			B
R1909419	0101	A		A			A			A	A	A	B	A
	0102	A		B			A			A	A	C	B	A
	0201	A		A			A			A	A	C	B	A
	0202	A		A			A			A	A	C	B	A
	0203	A		A			A			A	A			C
	0204	A		A			A			A	A	A	A	B
	0301	A	B		A	A		A		A	A		B	B
	0302	A	B		A	A		A		A	A			B
	0303	A	A		A	A		A		A	A			B
	0401	A	A		A	B		A			A		B	B
	0402	A	B		C	C		C		C	A			B
R1909418	0101	A	A		B	C		B	C		A		B	
	0102	B	A		B	C		B	C	B	A		B	B
	0103	B	A		B	C		B	C	B	A		B	B
R1909417	0101	A		A			A			A	A			B
	0201	A		A			A			A	A			B
	0202	A		A			A			A	A			B
	0203	A		A			A			A	A			B
	0301	A	A		A	A		A	C		A		B	B
R1909416	0101	B	B		B	C		C	C		A		B	B
	0102	B	B		B	B		B		B	A		B	B
	0103	B	B		B	B		B	C	B	A		B	B
R1909415	0101	A	B		B	C		B	C	B	A			B
	0102	A	A		B	C		B		B	A			A
	0103	A	A		B	C		B		B	A		B	B
	0201	A	A		B	C		B			A			B
	0202	C	A			C		B		B	A		B	B

Tabella 6.4 Fase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica Artificialità

FASE 2 Sottofase 2 - Categoria Artificialità													
Cod segmento	Cod. Tratto	OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITA' LONGITUDINALE A MONTE		OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITA' LONGITUDINALE NEL TRATTO			OPERE DI ALTERAZIONE DELLA CONTINUITA' LATERALE		OPERE DI ALTERAZIONE DELLA MORFOLOGIA DELL'ALVEO E/O DEL SUBSTRATO		INTERVENTI DI MANUTENZIONE E PRELIEVO		
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
R1909435	0101	A	A	A	B	B	A			A	A	A	A
	0102	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0103	A	A	A	B	A	A			A	A	A	A
	0104	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A
	0105	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A
	0106	B	B1	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A
	0201	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A
	0202	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A
R1909422	0101	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0102	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	0103	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
R1909421	0101	A	A	A	A	B	A			A	A	A	A
	0102	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0201	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0202	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0203	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0301	A	A	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A
	0401	A	A	A	A	B	A	A	C	A	B	A	A
	0402	A	A	A	B	C	A	A	C	A	C	B	A
R1909420	0101	C	C2	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A
	0102	A	B2	A	B	C	A	A	A	A	A	A	A
	0103	A	B2	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	0104	A	B2	A	B	C	A	B	A	A	A	A	A
	0105	A	B2	A	B	A	A	B	A	A	A	A	A
	0106	A	B2	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	0107	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A
R1909419	0101	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0102	A	A	A	A	B	A			A	A	A	A
	0201	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0202	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0203	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0204	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0301	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
	0302	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0303	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	0401	A	A	A	B	A	A	B	A	A	A	A	A
	0402	A	A	A	A	B	C	C	A	A	A	A	A
R1909418	0101	C	C2	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0102	A	C1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	0103	A	C1	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
R1909417	0101	A	A	A	A	B	A			A	A	A	A
	0201	A	A	A	A	C	A			A	A	A	A
	0202	A	A	A	A		A			A	A	A	A
	0203	A	A	A	A	A	A			A	A	A	A
	0301	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
R1909416	0101	A	B1	A	B	B	B	A	C	A	A	A	A
	0102	A	B1	A	C	B	B	A	A	A	A	A	A
	0103	A	B1	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A
R1909415	0101	A	A	A	B	B	A	A	B	A	A	A	A
	0102	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A
	0103	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0201	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
	0202	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A

La Tabella **6.5** “*Fase 2 Sottofasi 2 e 3- Categoria Variazioni Morfologiche*”, comune alle due sottofasi della Fase 2 di Valutazione della qualità morfologica e di Valutazione della dinamica morfologica e relativa alla Categoria “Variazioni Morfologiche” riporta in maniera esaustiva i dati elaborati nella Tabella 6.2 relativa alla configurazione morfologica e larghezza dell’alveo, attinente alle rilevazioni precedentemente effettuate con una precisa determinazione delle risposte attribuite per le Componenti *variazioni morfologiche* e *variazioni di larghezza*, sia per la determinazione dell’IQM che per la determinazione dell’IDM, non è stato possibile valutare le “*variazioni altimetriche*” per mancanza di dati ritenuti attendibili.

La Tabella **6.6** -“*Fase 2 Sottofase 3 Valutazione della dinamica morfologica*” (Categorie 1, 2 e 3) riporta i dati delle osservazioni e attribuzioni effettuate nella fase 2 sottofase 3 Valutazione della dinamica morfologica per le tre Categorie principali Morfologia e processi, Artificialità e Variazioni morfologiche, dove sono rappresentate le attribuzioni effettuate per ogni indicatore presente nella scheda predisposta per l’analisi dal Sistema. I valori sintetici dell’Indice di Qualità Morfologica (IQM) relativo allo stato attuale e le Classi di qualità morfologica attribuite per ogni tratto, sono riportate in Tabella **6.7** -“*Fase 2 Sottofase 2 Valutazione della Qualità morfologica*”. I valori degli Indici di Dinamica Morfologica (IDM) ottenuti dal Sistema con l’attribuzione delle Classi di merito corrispondenti, sono riportate in Tabella **6.8** -“*Fase 2 Sottofase 3 Valutazione della Dinamica morfologica*”.

Nei paragrafi seguenti sono rappresentati per ciascun segmento analizzato i dati riportati nelle tabelle sopradescritte ed i risultati ottenuti nell’implementazione del metodo, contenuti nelle tabelle richiamate, con una rappresentazione grafica dei risultati ottenuti nelle Fasi e negli STEP effettuati, integrata dalle valutazioni effettuate per ognuno degli indicatori.

I risultati globali per il fiume Dittaino sono rappresentati graficamente e descritti nel capitolo 6.2, dove si è proceduto con l'analisi sintetica dei risultati ottenuti per ogni Fase, STEP e Categoria. Riguardo alla Valutazione della Qualità morfologica di ciascun segmento si è proceduto con l'attribuzione di una classe di qualità morfologica (IQM) calcolata con media pesata. La Valutazione della Dinamica Morfologica, rappresentata dagli indici di dinamica morfologica (IDM), ha previsto la raffigurazione delle osservazioni dei valori minimi e massimi delle classi attribuite per ciascun segmento, essendo stato applicato l'indice ai tratti Semiconfinati e Non confinati e non all'intero segmento.

Tabella 6.5 Fase 2 Sottofasi 2 e 3 - Categoria Variazioni morfologiche

Fase 2 Sottofasi 2 e 3 - Categoria Variazioni morfologiche															
Cod. Segmento	Cod. tratto	Variazioni della configurazione morfologica (SC/NC)						Variazioni di larghezza (SC/NC)					Variazioni altim. (SC/NC)		
		V1						V2					V3		
		INDICI 1954			Conf 1954	Conf 2008	V1 IQM/IDM	L. MEDIA		% Restr.	% Allar.	V2 IQM	V2 IDM	V3 IQM	V3 IDM
		Is	Ii	Ia				1954	2008						
R1909435	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0104	1.3	1	0.8	S	S	A	31	21	32.26		B	B-	-	-
	0105	1.7	1.2	0.4	M	M	A	35	39		10.26	A	A	-	-
	0106	1.5	1.4	0.8	SBA	M	B	23	20	13.04		A	A	-	-
	0201	1.1	1	0.7	S	S	A	24	23	4.17		A	A	-	-
R1909422	0202	1.7	1	0.7	M	S	B	23	18	21.74		B	B-	-	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	1.2	1.3	0	SBA	S	B	17	29		41.38	B	B+	-	-
R1909421	0103	1.2	1	0	S	S	A	7	12		41.67	B	B+	-	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	1.7	1.3	0.3	M	S	B	18	14	22.22		B	B-	-	-
	0201	1.3	1	0	S	S	A	16	33		51.52	C	C+	-	-
	0202	1.5	1	0	S	M	B	17	14	17.65		B	B-	-	-
	0203	1.2	1	0	S	S	A	15	43		65.12	C	C+	-	-
	0301	1.2	1.2	0.5	SBA	S	B	13	53		75.47	C	C+	-	-
	0401	1.4	1	0	S	M	B	17	67		74.63	C	C+	-	-
R1909420	0402	1.6	1	0.3	M	S	B	44	61		27.87	B	B+	-	-
	0101	1.7	1.2	1	M	M	A	38	23	39.47		C	C-	-	-
	0102	1.2	1.2	0	SBA	S	B	100	49	51.00		C	C-	-	-
	0103	2.2	1.3	0.3	M	M	A	54	39	27.78		B	B-	-	-
	0104	1.5	1.1	0	S	S	A	79	74	6.33		A	A	-	-
	0105	1.4	1	0	S	M	B	106	71	33.02		B	B-	-	-
	0106	1.7	1.4	1.6	A	M	B	162	42	74.07		C	C-	-	-
R1909419	0107	1.9	2	2	A	M	B	156	328		52.44	C	C+	-	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0301	1.6	1.3	0.7	M	M	A	35	22	37.14		B	B-	-	-
	0302	1.3	1	0	S	S	A	19	29		34.48	B	B+	-	-
	0303	1.6	1.5	1	M	S	B	39	37	5.13		A	A	-	-
R1909418	0401	1.6	1	0	M	M	A	33	27	18.18		B	B-	-	-
	0402	1.2	1.7	1	SBA	S	B	160	37	76.88		C	C-	-	-
	0101	1.4	1.8	1.6	SBA	M	B	249	100	59.84		C	C-	-	-
R1909417	0102	1.9	1	0.1	M	S	B	79	118		33.05	B	B+	-	-
	0103	1.8	1.3	0.5	M	M	A	80	99		19.19	B	B+	-	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1909416	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0301	1.3	1	0.5	S	M	B	70	61	12.86		A	A	-	-
R1909415	0101	1.6	1.3	0.4	M	M	A	96	106		9.43	A	A	-	-
	0102	1.6	1.1	0.4	M	S	B	124	110	11.29		A	A	-	-
	0103	1.7	1.1	0.4	M	M	A	83	102		18.63	B	B+	-	-
R1909415	0101	1.4	1.1	0.4	SBA	M	B	117	132	11.36		A	A	-	-
	0102	1.6	1	0.1	M	S	B	186	132	29.03		B	B-	-	-
	0103	1.3	1.1	0.2	S	S	A	147	140	4.76		A	A	-	-
	0201	1.2	1.4	0.4	SBA	S	B	149	153		2.61	A	A	-	-
	0202	1.1	1	0	S	S	A	69	147		53.06	C	C+	-	-

Tabella 6.6 - Fase 2 Sottofase 3 Valutazione della Dinamica morfologica

FASE 2 Sottofase 3 - Categorie 1, 2 e 3												
Cod segmento	Cod. tratto	1 - Morfologia e processi						2- Artificialità		3 - Variazioni morfologiche		
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	A1	A2	V1	V2	V3
R1909435	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0104	C	C	C	B	A	B-	D	C	A	B-	-
	0105	C	D	E	B	B	B	E	D	A	A	-
	0106	C	D	D	B	B	B	E	C	B	A	-
	0201	C	D	E	A	B	B	E	D	A	A	-
R1909422	0202	B	C	C	B	B	B	E	E	B	B-	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	C	C	D	A	A	C-	E	E	B	B	-
R1909421	0103	C	A	D	C	A	C-	E	E	A	B	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	B	D	A	C	B	B-	E	E	B	B-	-
	0201	B	D	A	B	A	A	E	E	A	C	-
	0202	B	D	A	B	B-	B-	E	E	B	B-	-
	0203	C	D	D	B	B-	B-	E	E	A	C	-
	0301	B	D	D	B	B	B-	E	E	B	C	-
	0401	B	D	D	B	A	A	E	E	B	C	-
R1909420	0402	B	D	D	B	A	B-	E	E	B	B	-
	0101	C	C	D	B	B	B-	D	E	A	C-	-
	0102	C	C	D	B	A	B-	E	E	B	C-	-
	0103	B	A	B	B	B	B-	D	E	A	B-	-
	0104	A	A	B	B	B	B-	E	E	A	A	-
	0105	B	A	B	B	A	A	E	E	B	B-	-
	0106	C	B	D	C	A	A	E	E	B	C-	-
R1909419	0107	B	C	D	C	A	B	E	E	B	C	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0301	C	C	E	B	C	B-	E	E	A	B-	-
	0302	C	A	E	B	A	C-	E	E	A	B+	-
	0303	B	D	D	B	A	B-	E	E	B	A	-
	0401	B	D	D	B	A	B-	E	E	A	B-	-
R1909418	0402	B	D	D	B	A	B-	A	C	B	C-	-
	0101	B	C	C	B	A	A	E	E	B	C-	-
	0102	B	B	B	B	B+	B-	E	D	B	B+	-
R1909417	0103	B	B	C	A	A	B+	E	D	A	B+	-
	0101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R1909416	0203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	301	B	A	B	B	C-	B+	A	E	B	A	-
	0101	B	B	B	B	B-	A	E	D	A	A	-
R1909415	0102	B	B	B	B	B+	B-	E	D	B	A	-
	0103	B	B	B	A	B-	A	E	D	A	B+	-
	0101	B	B	B	C	B+	B+	E	D	B	A	-
	0102	B	B	B	B	A	A	E	D	B	B-	-
	0103	B	A	A	A	A	B+	E	D	A	A	-
	0201	B	A	C	A	A	A	E	E	B	A	-
	0202	B	B	B	B	C-	B+	E	D	A	C+	-

Tabella 6.7 - Fase 2 Sottofase 2 - Valutazione della Qualità morfologica

FASE 2 Sottofase 2 -Indici e Classi di Qualità Morfologica (IQM)										
Cod segmento	Cod. Tratto	IAM = Indice di Alterazione Morfologica (0≤IAM≤1)			IQM = Indice di Qualità Morfologica (0≤IQM≤1)			CLASSI DI QUALITÀ (IQM)		
		IAM	IAM min	IAM max	IQM	IQM min	IQM max	Classe med	Classe min	Classe max
R1909435	0101	0.12	0.10	0.12	0.88	0.88	0.90	Elevato	Elevato	Elevato
	0102	0.05	0.05	0.12	0.95	0.88	0.95	Elevato	Elevato	Elevato
	0103	0.10	0.10	0.10	0.90	0.90	0.90	Elevato	Elevato	Elevato
	0104	0.26	0.21	0.26	0.74	0.74	0.79	Buono	Buono	Buono
	0105	0.35	0.35	0.35	0.65	0.65	0.65	Moderato	Moderato	Moderato
	0106	0.35	0.35	0.35	0.65	0.65	0.65	Moderato	Moderato	Moderato
	0201	0.49	0.49	0.49	0.51	0.51	0.51	Moderato	Moderato	Moderato
R1909422	0202	0.34	0.34	0.34	0.66	0.66	0.66	Moderato	Moderato	Moderato
	0101	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	Elevato	Elevato	Elevato
	0102	0.12	0.12	0.14	0.88	0.86	0.88	Elevato	Elevato	Elevato
R1909421	0103	0.08	0.08	0.09	0.92	0.91	0.92	Elevato	Elevato	Elevato
	0101	0.08	0.08	0.12	0.92	0.88	0.92	Elevato	Elevato	Elevato
	0102	0.11	0.08	0.13	0.89	0.87	0.92	Elevato	Elevato	Elevato
	0201	0.11	0.08	0.11	0.89	0.89	0.92	Elevato	Elevato	Elevato
	0202	0.11	0.08	0.11	0.89	0.89	0.92	Elevato	Elevato	Elevato
	0203	0.12	0.10	0.12	0.88	0.88	0.90	Elevato	Elevato	Elevato
	0301	0.15	0.13	0.15	0.85	0.85	0.87	Buono	Buono	Elevato
	0401	0.20	0.17	0.20	0.80	0.80	0.83	Buono	Buono	Buono
R1909420	0402	0.31	0.31	0.32	0.69	0.68	0.69	Moderato	Moderato	Moderato
	0101	0.52	0.52	0.52	0.48	0.48	0.48	Scarso	Scarso	Scarso
	0102	0.32	0.32	0.32	0.68	0.68	0.68	Moderato	Moderato	Moderato
	0103	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	0.67	Moderato	Moderato	Moderato
	0104	0.20	0.20	0.25	0.80	0.75	0.80	Buono	Buono	Buono
	0105	0.23	0.23	0.35	0.77	0.65	0.77	Buono	Moderato	Buono
	0106	0.27	0.23	0.29	0.73	0.71	0.77	Buono	Buono	Buono
R1909419	0107	0.30	0.27	0.35	0.70	0.65	0.73	Buono	Moderato	Buono
	0101	0.02	0.00	0.02	0.98	0.98	1.00	Elevato	Elevato	Elevato
	0102	0.10	0.04	0.10	0.90	0.90	0.96	Elevato	Elevato	Elevato
	0201	0.05	0.05	0.05	0.95	0.95	0.95	Elevato	Elevato	Elevato
	0202	0.05	0.05	0.05	0.95	0.95	0.95	Elevato	Elevato	Elevato
	0203	0.05	0.05	0.05	0.95	0.95	0.95	Elevato	Elevato	Elevato
	0204	0.05	0.02	0.05	0.95	0.95	0.98	Elevato	Elevato	Elevato
	0301	0.11	0.11	0.11	0.89	0.89	0.89	Elevato	Elevato	Elevato
	0302	0.09	0.07	0.07	0.91	0.93	0.93	Elevato	Elevato	Elevato
	0303	0.05	0.02	0.05	0.95	0.95	0.98	Elevato	Elevato	Elevato
R1909418	0401	0.27	0.27	0.27	0.73	0.73	0.73	Buono	Buono	Buono
	0402	0.56	0.56	0.56	0.44	0.44	0.44	Scarso	Scarso	Scarso
	0101	0.40	0.37	0.40	0.60	0.60	0.63	Moderato	Moderato	Moderato
R1909417	0102	0.35	0.35	0.36	0.65	0.64	0.65	Moderato	Moderato	Moderato
	0103	0.29	0.29	0.29	0.71	0.71	0.71	Buono	Buono	Buono
	0101	0.02	0.02	0.09	0.98	0.91	0.98	Elevato	Elevato	Elevato
	0201	0.03	0.03	0.03	0.97	0.97	0.97	Elevato	Elevato	Elevato
	0202	0.03	0.03	0.03	0.97	0.97	0.97	Elevato	Elevato	Elevato
R1909416	0203	0.00	0.00	0.03	1.00	0.97	1.00	Elevato	Elevato	Elevato
	0301	0.07	0.05	0.10	0.93	0.90	0.95	Elevato	Elevato	Elevato
	0101	0.38	0.38	0.38	0.62	0.62	0.62	Moderato	Moderato	Moderato
R1909415	0102	0.35	0.35	0.35	0.65	0.65	0.65	Moderato	Moderato	Moderato
	0103	0.34	0.32	0.34	0.66	0.66	0.68	Moderato	Moderato	Moderato
	0101	0.32	0.32	0.32	0.68	0.68	0.68	Moderato	Moderato	Moderato
	0102	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	0.67	Moderato	Moderato	Moderato
	0103	0.29	0.29	0.29	0.71	0.71	0.71	Buono	Buono	Buono
R1909415	0201	0.23	0.23	0.23	0.77	0.77	0.77	Buono	Buono	Buono
	0202	0.32	0.32	0.35	0.68	0.65	0.68	Moderato	Moderato	Moderato

Tabella 6.8 - Fase 2 Sottofase 3 - Valutazione della dinamica morfologica

FASE 2 Sottofase 3-Indici e classi di Dinamica Morfologica (IDM)							
Cod segmento	Codice Tratto	IDM = Indice di Dinamica Morfologica (0.0≤IDM≤1.0)			CLASSI DI QUALITÀ (IDM)		
		IDM	IDMmin	IDMmax	CLASSE med	CLASSE min	CLASSE max
R1909435	0101	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-
	0103	-	-	-	-	-	-
	0104	0.48	0.46	0.54	Media	Media	Elevata
	0105	0.59	0.57	0.63	Media	Media	Elevata
	0106	0.60	0.54	0.60	Elevata	Media	Elevata
	0201	0.61	0.61	0.61	Elevata	Elevata	Elevata
	0202	0.63	0.57	0.67	Elevata	Media	Elevata
R1909422	0101	-	-	-	-	-	-
	0102	0.67	0.57	0.67	Elevata	Media	Elevata
	0103	0.63	0.51	0.63	Elevata	Media	Elevata
R1909421	0101	-	-	-	-	-	-
	0102	0.59	0.57	0.64	Media	Media	Elevata
	0201	0.51	0.49	0.61	Media	Media	Elevata
	0202	0.61	0.59	0.66	Elevata	Media	Elevata
	0203	0.70	0.60	0.70	Elevata	Elevata	Elevata
	0301	0.70	0.63	0.73	Elevata	Elevata	Elevata
	0401	0.66	0.59	0.68	Elevata	Media	Elevata
	0402	0.63	0.61	0.73	Elevata	Media	Elevata
R1909420	0101	0.64	0.52	0.64	Elevata	Media	Elevata
	0102	0.67	0.54	0.67	Elevata	Media	Elevata
	0103	0.50	0.48	0.52	Media	Media	Media
	0104	0.47	0.44	0.49	Media	Media	Elevata
	0105	0.48	0.46	0.54	Media	Media	Media
	0106	0.62	0.54	0.71	Elevata	Media	Elevata
	0107	0.66	0.63	0.66	Elevata	Elevata	Elevata
R1909419	0101	-	-	-	-	-	-
	0102	-	-	-	-	-	-
	0201	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-
	0203	-	-	-	-	-	-
	0204	-	-	-	-	-	-
	0301	0.68	0.61	0.70	Elevata	Elevata	Elevata
	0302	0.63	0.57	0.63	Elevata	Media	Elevata
	0303	0.60	0.53	0.60	Elevata	Elevata	Elevata
	0401	0.60	0.51	0.64	Elevata	Media	Elevata
	0402	0.43	0.31	0.48	Media	Bassa	Media
R1909418	0101	0.48	0.48	0.48	Media	Media	Media
	0102	0.49	0.49	0.49	Media	Media	Media
	0103	0.40	0.40	0.40	Media	Media	Media
R1909417	0101	-	-	-	-	-	-
	0201	-	-	-	-	-	-
	0202	-	-	-	-	-	-
	0203	-	-	-	-	-	-
	0301	0.54	0.54	0.54	Media	Media	Media
R1909416	0101	0.50	0.43	0.50	Media	Media	Media
	0102	0.50	0.50	0.54	Media	Media	Media
	0103	0.48	0.48	0.50	Media	Media	Media
R1909415	0101	0.47	0.47	0.51	Media	Media	Media
	0102	0.46	0.46	0.46	Media	Media	Media
	0103	0.40	0.40	0.40	Media	Media	Media
	0201	0.38	0.33	0.44	Bassa	Bassa	Bassa
	0202	0.33	0.31	0.37	Bassa	Bassa	Bassa

6.1.1 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Torrente Crisa (Cod. segmento R 1909435)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino del Simeto è stato descritto in precedenza, il Torrente Crisa o secondo alcuni autori Crisà (Fig. 6.1), sito nel sottobacino Dittaino-Salito, ha uno sviluppo di poco più di 16 km. La sorgente è in prossimità del comune di Nicosia, percorre i territori del comune di Leonforte immettendosi a valle nel Torrente Bozzetta dalla cui confluenza, secondo una consuetudine antica, ha origine il Fiume Dittaino.

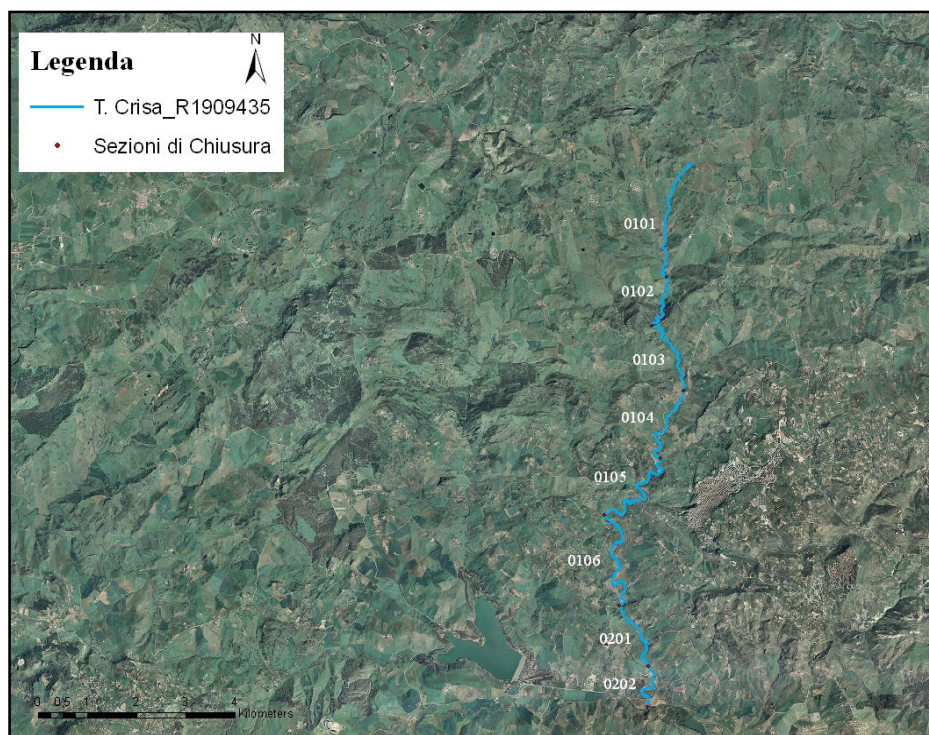


Figura 6.1 – Immagine del segmento R1909435 Torrente Crisa e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati riguardanti lo STEP 1 sono rappresentati nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Il segmento è situato in ambito fisiografico collinare-montano (CM), ricade nelle unità fisiografiche CTm (paesaggio collinare terrigeno) per n. 6 tratti e la PFm (pianura di fondovalle) per n. 2 tratti (Fig. 6.2). Tra le altre informazioni definite per ognuno dei tratti sono state considerate l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media, riportata tra i dati della scheda di rilevamento.

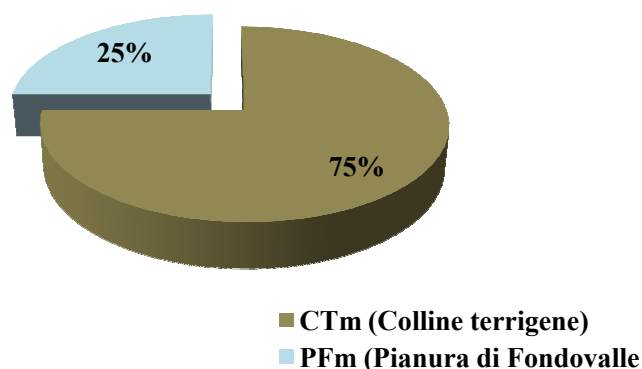


Figura 6.2 – Unità fisiografiche del Torrente Crisa (segmento R1909435)

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Nella Tabella 6.1 al punto 2 “Confinamento” si possono osservare i dati ottenuti, nel grafico (Fig. 6.3) sono rappresentate le classi di confinamento ottenute. E’ stato possibile applicare l’indice IDM solo a n. 5 tratti Semiconfinati e Non Confinati.

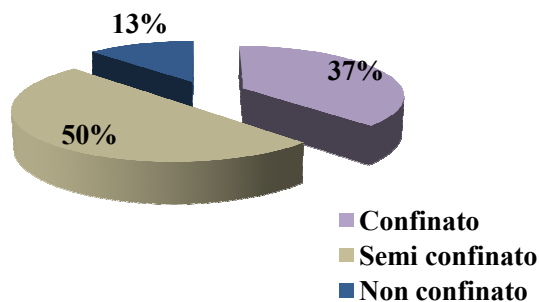


Figura 6.3- Classi di confinamento del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è determinata dall'*Indice di sinuosità*, dall'*Indice di intrecciamento* e dall'*Indice di anastomizzazione*, i dati ottenuti sono rappresentati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo" ed hanno permesso di classificare n. 3 tratti del segmento come Sinuoso (S), n. 2 tratti tipologia Meandriforme (M) e n. 3 tratti come Canale singolo (CS) (Fig. 6.4). Altri dati rappresentati riguardano la configurazione del fondo prevalente che è quella a Letto Piano (LP) e ghiaiosa (G) e la pendenza dei tratti che assume valori che variano tra il 10 % e lo 0,2 %. Altre informazioni di tipo qualitativo hanno riguardato i sedimenti prevalenti in alveo che sono ghiaie (G).

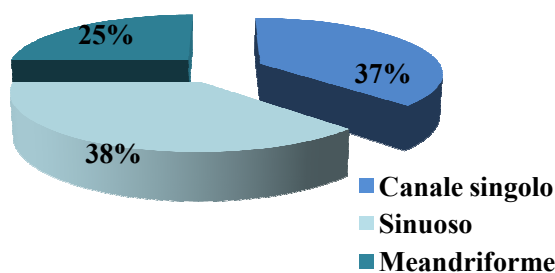


Figura 6.4- Tipologie d'alveo del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione del segmento in n. 8 tratti sostanzialmente omogenei per caratteri. Le generalità riportate riguardano la lunghezza di ciascun tratto, quella totale rilevata per il Torrente Crisa, codificato con il numero R 1909435 che è di 16.162 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 2.020 metri. Nella Figura 6.1 si è già riportata la suddivisione concernente i tratti risultanti dalla fase 1 e oggetto di successiva valutazione.



Figura 6.7 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Crisa (seg. R1909435).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nei tratti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.5 sono rappresentate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza esaminata del segmento, pari a 9.932 metri. Si osserva come il Torrente Crisa rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 60,50%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 39,50% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

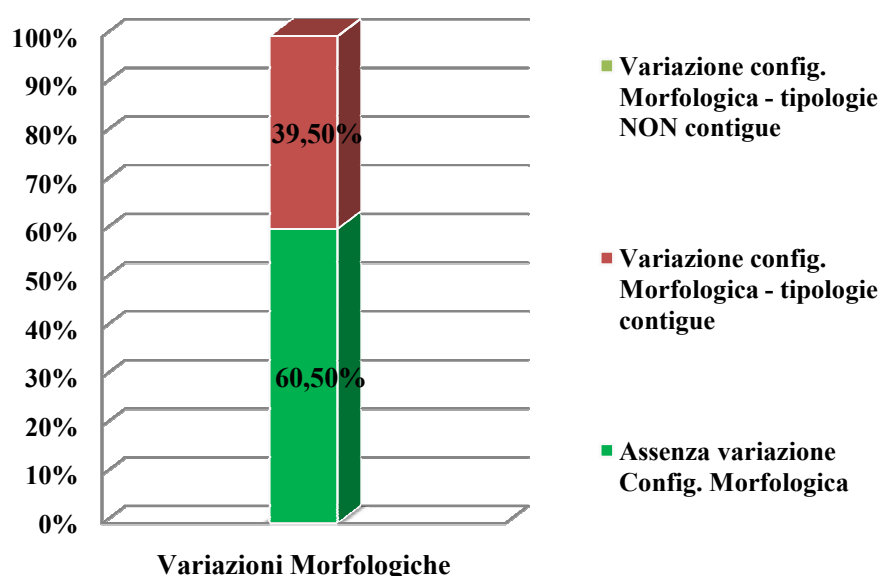


Figura 6.5 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, dove il segmento presenta il 69,50% della lunghezza senza alcuna variazione di larghezza, mentre si ha un restringimento moderato per il 30,50% della sua lunghezza. Nell'analisi occorre ricordare che sono state compiute delle opere di sistemazione idraulica per quasi tutto il segmento. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari all' 82,00 %, mentre il resto è rimasto invariato. I risultati sono rappresentati in Figura 6.6

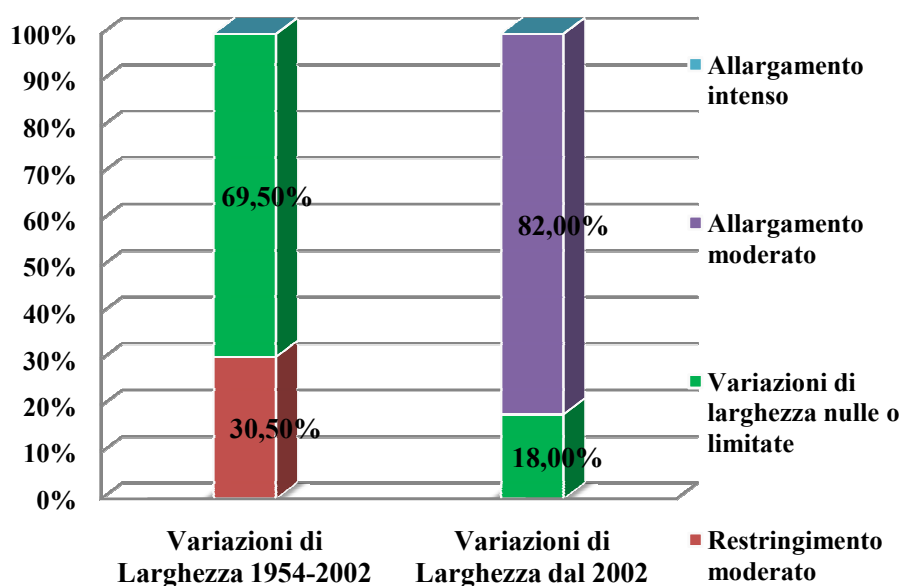


Figura 6.6 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione ed inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nei tratti del Fiume Crisa oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.8) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la prima parte delle schede di rilevamento attinenti alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica".

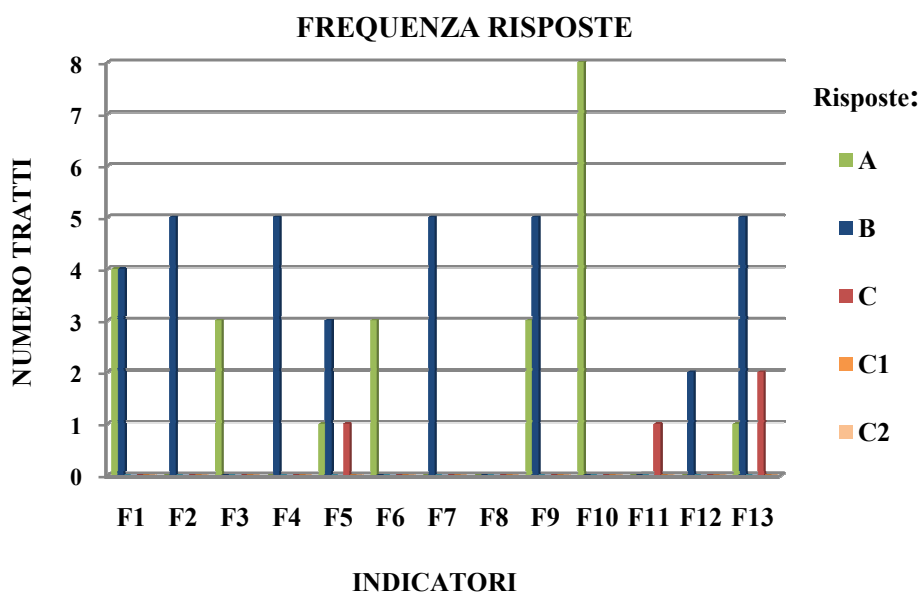


Figura 6.8- Istogramma delle risposte attinenti le Funzionalità geomorfologica del Torrente Crisa - segmento R1909435

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: I risultati per i tratti 0104, 0105, 0106 e 0201 accordano una lieve alterazione della continuità del flusso di sedimenti (risposta B), per i tutti gli altri tratti non sono presenti significativi ostacoli o intercettazioni al libero passaggio di materiale solido (risposta A).

F2 - Presenza di piana inondabile: Si è valutata la presenza di piana inondabile discontinua ma non sufficientemente ampia per n. 5 tratti (risposta B), ad eccezione dei tratti Confinati.

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore ha valutato per i segmenti 0101, 0102 e 0103 un grado di collegamento indicativo tra versanti e corridoio fluviale (risposta A).

F4 - Processi di arretramento delle sponde: L'indicatore ha evidenziato per i tratti 0104, 0105, 0106, 0201 e 0202 l'esistenza di frequenti sponde in arretramento (risposta B).

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: Il tratto 0105 espone una fascia potenzialmente erodibile, continua e sufficientemente ampia (risposta A), i tratti 0104, 0106 e 0202 hanno una fascia erodibile di media continuità (risposta B). Il tratto 0201 ha una fascia scarsamente continua (risposta C).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: L'indicatore è stato applicato per i tratti 0101, 0102 e 0103, confinati e a canale singolo. La morfologia di fondo corrisponde a quella attesa in base alla pendenza media della valle lungo il tratto (risposta A).

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Per tutti i tratti, escluso i 3 già citati, è stata rilevata un'alterazione della naturale

eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale per una parte limitata del tratto (risposta B).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Non è stato applicato al segmento poiché i tratti con tipologia meandriforme non si trovano in ambito fisiografico di pianura.

F9 - Variabilità della sezione: Nei tratti confinati si è rilevata la presenza localizzata di alterazioni della naturale eterogeneità della sezione per n. 3 tratti per la presenza di vegetazione e condizionamenti di versante (risposta A). Per gli altri tratti si è rilevata una naturale variabilità della larghezza per porzioni limitate (risposta B).

F10 - Struttura del substrato: Tutti i tratti mostrano una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti (risposta A).

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore è stato valutato solo per il tratto 0105, dove si è rilevata presenza molto limitata di materiale legnoso (Risposta C).

Vegetazione fascia perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: I tratti 0102 e 0105 presentano formazioni funzionali di ampiezza intermedia con risposta B, per i restanti non è stato valutato per naturale assenza di vegetazione perifluviale.

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: I tratti 0101 e 0103 hanno un'estensione delle formazioni funzionali lungo le sponde per una lunghezza $< 33\%$ della somma di entrambe le sponde (risposta C). Il tratto 0201 possiede uno sviluppo lineare delle formazioni arbustive per una lunghezza $> 90\%$ di quella massima disponibile (risposta A), gli altri tratti hanno un'estensione tra il 33- 90% per cui si è attribuita la risposta B.

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.9) per la Categoria “Artificialità” sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono esaminate le risposte.

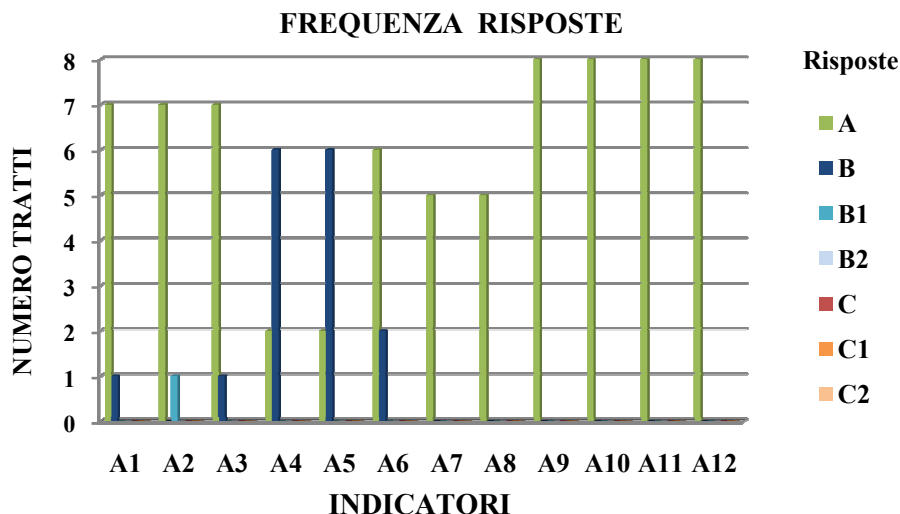


Figura 6.9- Istogramma delle risposte inerenti le Artificialità del Torrente Crisa - segmento R1909435

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nella globalità dei tratti è stata data la risposta A per assenza opere di alterazione delle portate liquide, il tratto 0106 presenta opere (casce di espansione) tali da alterare le portate di piena (risposta B.)

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: In tutti i tratti si rileva l'assenza di opere che possano alterare il normale transito di sedimenti lungo il reticolo idrografico (risposta A), solo il tratto 0106 presenta diverse briglie con intercettazione parziale di area > del 33% dell'area sottesa dal tratto (risposta B1).

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nei tratti la risposta assegnata è stata A poiché non sono state rilevate opere di alterazione delle portate liquide, il tratto 0105 presenta opere di derivazione tali da alterare le portate di piena (risposta B).

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Nei tratti 0102 e 0202 non si trovano opere finalizzate all'intercettazione del materiale solido (risposta A). Il resto dei tratti presenta differenti briglie di consolidamento con densità bassa (risposta B).

A5 - Opere di attraversamento: Nella gran parte dei tratti sono state rilevate opere di attraversamento (in media n. 1 opera ogni 1.000 metri nel tratto) con attribuzione della risposta B, escluso i tratti 0102 e 0103 dove non sono presenti opere di attraversamento (risposta A).

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: I tratti 0104 e 0202 presentano difese di sponda per una lunghezza < 33% di quella totale delle sponde, con risposta B. Il resto dei tratti non ha difese di sponda ritenuta efficace (risposta A).

A7 - Arginature: Non sono presenti arginature con valutazione per n. 5 tratti pari ad A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: Non si rileva alcuna variazione del tracciato per tutti i tratti non confinati e semiconfinati (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: I tratti hanno presentato ottime condizioni per questo indicatore con totalità delle classi in A per assenza di soglie e rampe.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Tutti i tratti non sono stati soggetti a rimozione per cui la risposta attribuita è stata A.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Nei tratti non si rilevano interventi di rimozione di materiale legnoso (risposta A).

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Nel segmento si è rilevata un'assenza di tagli di vegetazione in tutti i tratti, per cui la risposta attribuita è per tutti A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, in questa parte si espongono le risposte attribuite per i tratti costituenti il segmento rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3. Si precisa che la componente non è stata valutata per i tratti confinati. Si è proceduto, contestualmente all'analisi effettuata per la valutazione della dinamica morfologica, all'osservazione dei tratti Semi Confinati e Non confinati anche per larghezze inferiori ai trenta metri.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 3 tratti del segmento è stata attribuita la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica riguardo agli anni '50. Per n. 2 tratti sono state valutate variazioni della configurazione morfologica tra tipologie contigue rispetto agli anni '50, con attribuzione della risposta B.

V2 - Variazioni di larghezza. Per n. 3 tratti è stata data la risposta A, non rilevandosi variazione di larghezza rispetto agli anni '50. Per n. 2 tratti (risposta B) è stato valutato un restringimento moderato (15% - 35%).

V3 - Variazioni altimetriche. In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione per il segmento R1909420 sono riportati in Figura 6.10. Dall'analisi degli stessi possiamo osservare che n. 3 tratti sono classificati con un IQM elevato, per n. 4 tratti si è attribuito un IQM moderato, solo il tratto 0104 è classificato "buono". Per il segmento è stato poi valutato con media ponderata un IQM globale il cui risultato pari a 0,74 (IAM=0,26) ha permesso di classificarlo con una qualità morfologica pari a "buono".

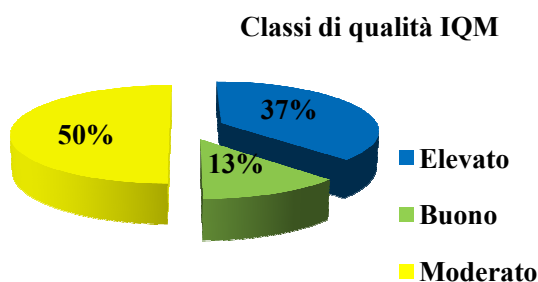
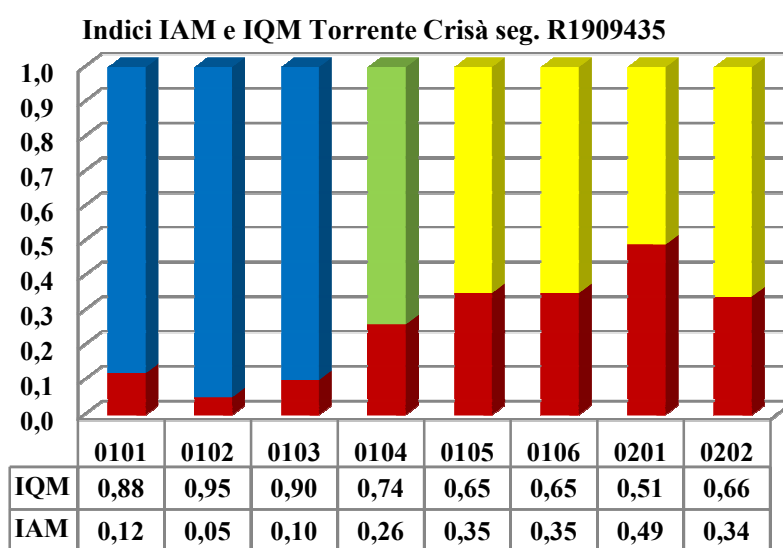


Figura 6.10 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Torrente Crisà (segmento R1909435).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella Fase 2 di valutazione della dinamica morfologica sono state impiegate le schede preparate per il sistema di rilevazione. L'analisi ha curato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi si è ottenuto il punteggio e il valore dell'IDM per ogni tratto e conseguentemente del segmento. Di seguito sono trattati i risultati ottenuti con l'applicazione del Sistema IDRAIM e l'ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del Torrente Crisa oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.11) sono raffigurate le risposte assegnate ai tratti del segmento.

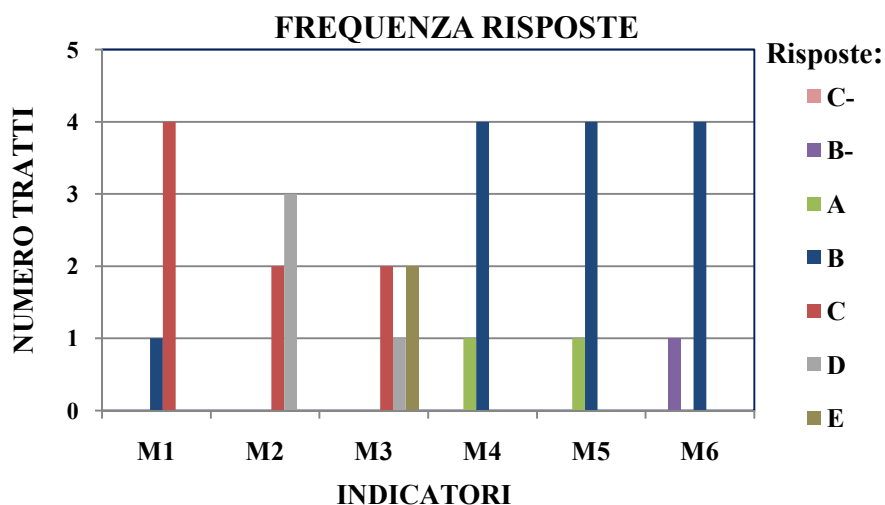


Figura 6.11 – Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Crisa (segmento R1909435)

M1 - Tipologia d'alveo: I tratti del segmento manifestano condizioni di media energia e trasporto al fondo, anche per una pendenza medio - alta, per cui è stata assegnata la risposta C. Solo il tratto 0202, posto a valle, evidenzia condizioni di bassa energia e/o trasporto al fondo (risposta B).

M2 - Erodibilità delle sponde: Per n. 2 tratti le sponde alluvionali erodibili *non coesive* presentano una lunghezza $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde con valutazione risposta C. La risposta D è stata assegnata per n. 3 tratti, poiché la lunghezza delle sponde alluvionali erodibili *non coesive* è $\leq 90\%$ della lunghezza totale delle sponde.

M3 – Erodibilità del fondo: Per n. 2 tratti si è valutata la risposta C per fondo erodibile per una lunghezza tra il 33% e il 66% della lunghezza totale del tratto. Al tratto 0106, con fondo molto erodibile di lunghezza tra il 66% e il 90% della lunghezza totale delle sponde, è stata assegnata la risposta D. La risposta E è stata assegnata per n. 2 tratti perché il fondo è molto erodibile per una lunghezza $> 90\%$ della lunghezza totale del tratto.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Il tratto 0201 non presenta sponde in arretramento, viene pertanto attribuita la risposta A. I rimanenti tratti presentano una lunghezza di sponde in arretramento $\leq 5\%$ della lunghezza totale della somma delle sponde ed è stata attribuita pertanto la risposta B.

M5 – Tendenze di larghezza: Per n. 1 tratto è stata attribuita la risposta A in quanto non presenta variazioni di larghezza. La risposta B è stata assegnata a n. 4 tratti per variazioni di larghezza $\leq 10\%$.

M6 – Tendenze altimetriche: La quasi totalità dei tratti mostra condizioni di lieve sedimentazione ma prevalenti rispetto a quelle di incisione, con attribuzione della risposta B. Il tratto 0104 manifesta condizioni di lieve incisione prevalenti rispetto alla sedimentazione con assegnazione della risposta B-.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” si valuta il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.12) sono raffigurate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono esaminate le risposte attribuite.

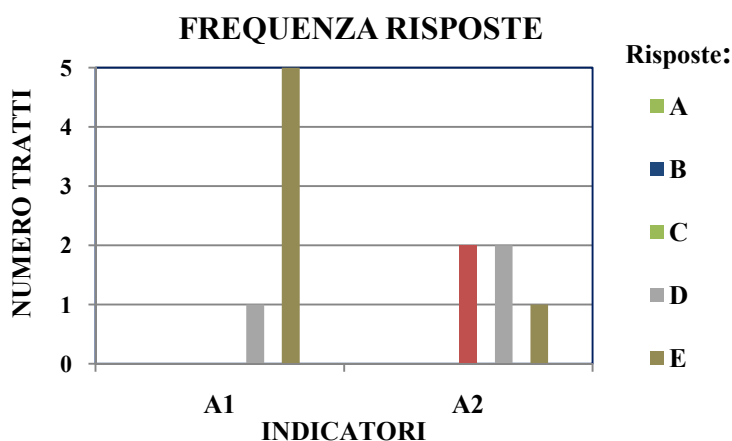


Figura 6.12 – Istogramma dei valori di Artificialità per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

A1 – Difese di sponda: In quasi tutti i tratti non esistono opere di difesa di sponda o sono presenti per una lunghezza $\leq 5\%$ della lunghezza delle sponde per cui è stata attribuita la risposta E. Il tratto 0104 presenta difese di sponda per una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde pertanto è stata assegnata la risposta D.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta C per la presenza di opere > 1 ogni 1.000 metri in alvei a pendenza medio - bassa ($\leq 1\%$). Su n. 2 tratti è stata assegnata la risposta D per la presenza di opere ≤ 1 ogni 1.000 metri in alvei a pendenza medio - bassa ($\leq 1\%$). Il tratto 0202 non presenta opere trasversali o presenta opere di lunghezza $\leq 5\%$ della lunghezza totale del tratto, per cui è stata assegnata la risposta E.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche dell’alveo analogamente alla valutazione della qualità morfologica. Nella scheda per il calcolo dell’IDM sono state introdotte una serie di risposte con precisazioni e limiti di classificazione. Di seguito (Fig. 6.13) si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate.

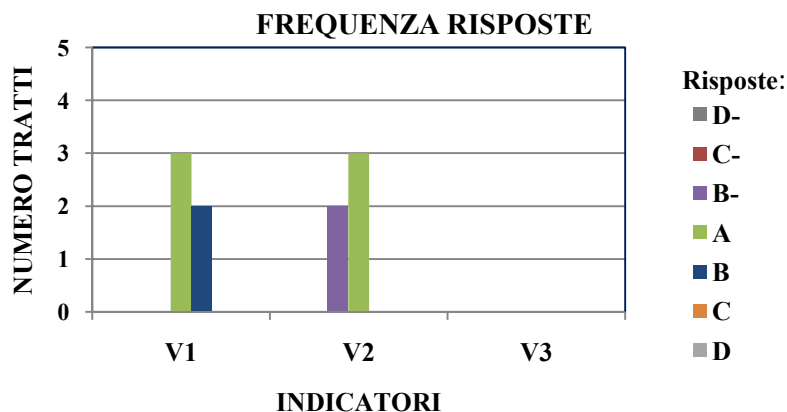


Figura 6.13 – Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 3 tratti è stata attribuita la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica riguardo agli anni '50. Per n. 2 tratti sono state valutate variazioni della configurazione morfologica tra tipologie contigue rispetto agli anni '50, con attribuzione della risposta B.

V2 - Variazioni di larghezza: Per n. 3 tratti nessuna variazione di larghezza rispetto agli anni '50 (risposta A). Per n. 2 tratti si valuta un restringimento moderato (15% - 35%) riguardo agli anni '50 (risposta B-) in quanto sono state eseguite opere di difesa di versante e opere trasversali.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non è stato valutato.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma di Figura 6.14, è riportata una rappresentazione dei punteggi conseguiti riguardo le classi di dinamica morfologica. Inoltre, si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove è possibile osservare come l'IDM ottenuto consenta di affermare che n. 3 tratti sono classificati con un IDM elevato, mentre per n. 2 tratti la classificazione è pari a media.

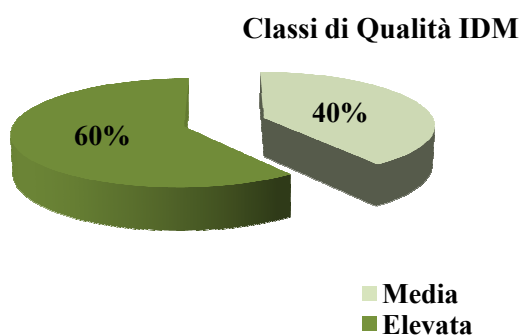
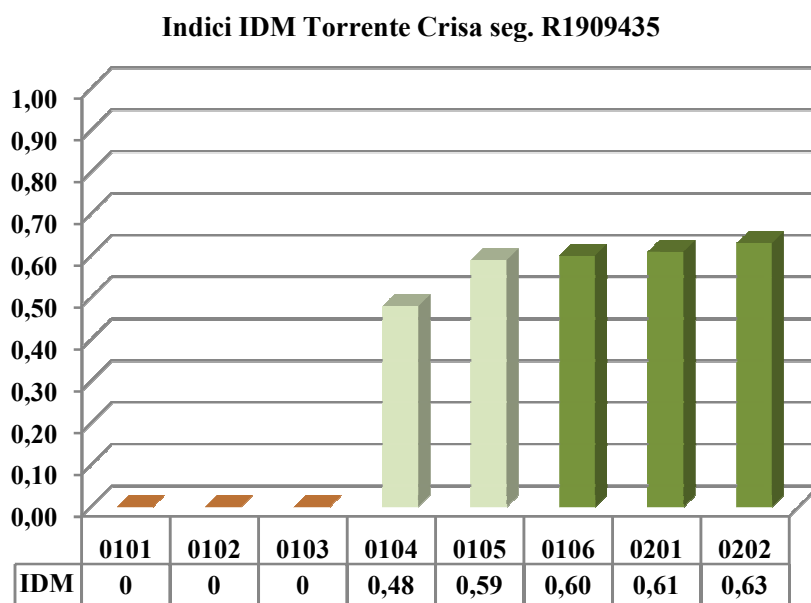


Figura 6.14 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

6.1.2 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) del Torrente Mulinello (Cod. segmento R 1909422).

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino è stato in precedenza descritto, il Torrente Mulinello (Fig. 6.15) secondo alcuni noto come Burrone Ciaramito, è collocato nel bacino del Simeto, sottobacino Dittaino-Salito. Esso ha origine a nord del centro abitato di Valguarnera e si estende per meno di 4 km, immettendosi nel Torrente Calderari.

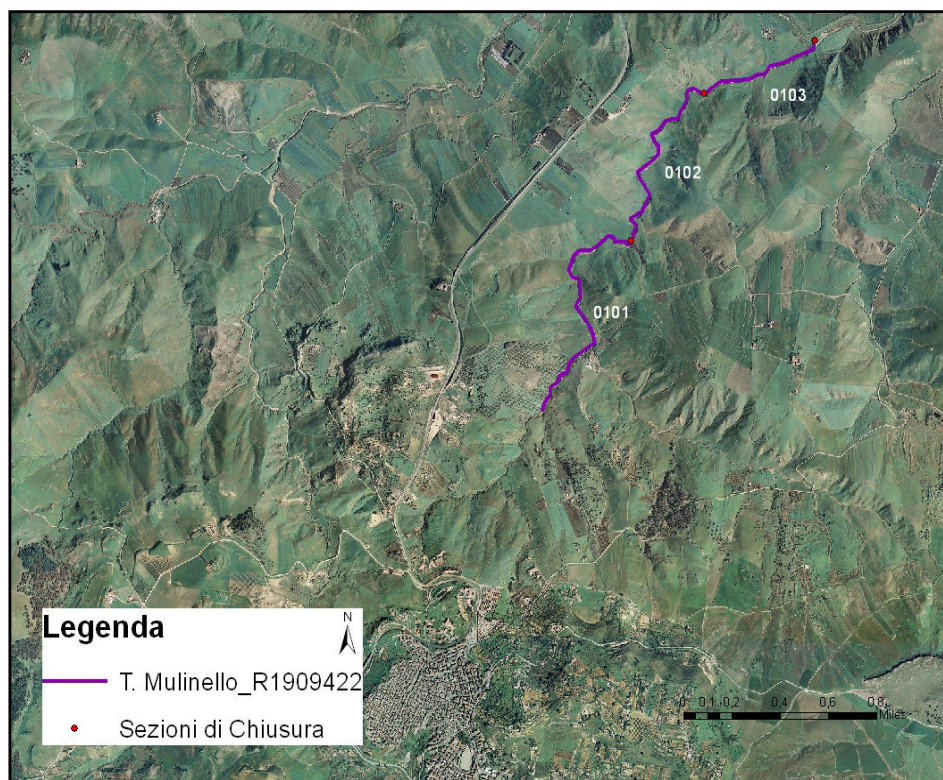
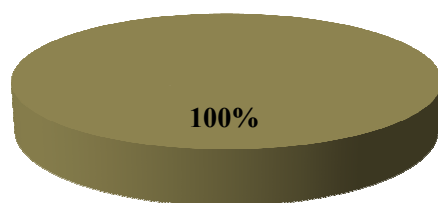


Figura 6.15 -Immagine segmento R1909422 Torrente Mulinello e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati riguardanti lo STEP 1 sono riprodotti nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Il segmento è situato nell’ambito fisiografico collinare-montuoso, ricadendo nelle unità fisiografiche delle colline terrigene CTm (paesaggio collinare terrigeno) per tutti i 3 tratti (Fig. 6.16) Tra le altre notizie definite per ognuno dei tratti, sono state riportate l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media, riportata tra i dati della scheda di rilevamento.



CTm (Colline Terrigene)

Figura 6.16 – Unità fisiografiche per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Nella Tabella 6.1 al punto 2 “Confinamento” possiamo rilevare i dati ottenuti, nel grafico (Fig. 6.17) sono raffigurate le classi di confinamento conseguite. Dai dati desunti, è possibile applicare l’indice IDM solo ai n. 2 tratti Semiconfinati e Non Confinati.

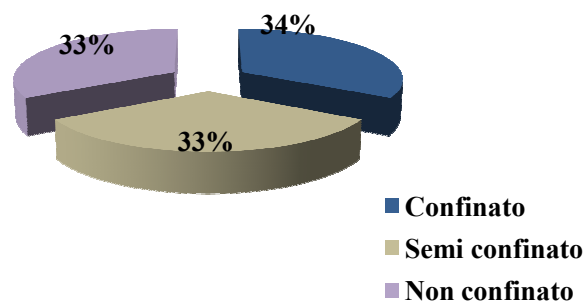


Figura 6.17 - Classi di confinamento per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è stata determinata per mezzo dell'*Indice di sinuosità*, dell'*Indice di intrecciamento* e dell'*Indice di anastomizzazione*, i cui dati sono rappresentati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Sono stati classificati n. 2 tratti del segmento (Fig. 6.18) come Sinuoso (S) e n. 1 tratto come Canale singolo (CS). Altri dati rappresentati si riferiscono alla configurazione del fondo prevalente, a Letto Piano (LP) e alla pendenza dei tratti con valori che variano tra il 3.2 % e l'1.9 %. Altre notizie di tipo qualitativo riguardano i sedimenti prevalenti in alveo che sono ciottoli (C).

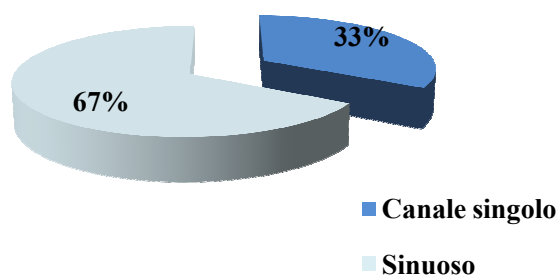


Figura 6.18 - Tipologie d'alveo del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti abbastanza omogenei per caratteri morfologici del segmento. I risultati della fase 1 di applicazione, hanno portato alla suddivisione del segmento codificato con R 1909422 in n. 3 tratti. Le Generalità riassumono anche i dati che si riferiscono alla lunghezza dei tratti e quella rilevata per il segmento che è di 3.886 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 1.295 metri oggetto delle successive valutazioni effettuate sul Torrente Mulinello.



Figura 6.19 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nei due tratti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.19 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza esaminata del segmento, pari a 2.186 metri. Si osserva come il Torrente Mulinello rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 38,00%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 62,00% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

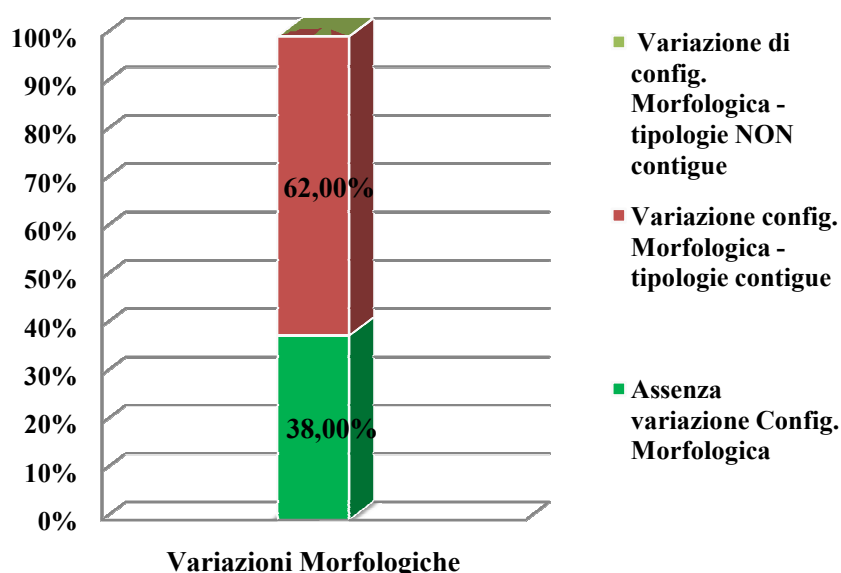


Figura 6.20 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, nel quale il segmento presenta per il 100% della lunghezza considerata un allargamento moderato. Nel periodo dal 2002 a oggi sono state valutate variazioni di larghezza nulle. I risultati sono rappresentati in Figura 6.20.

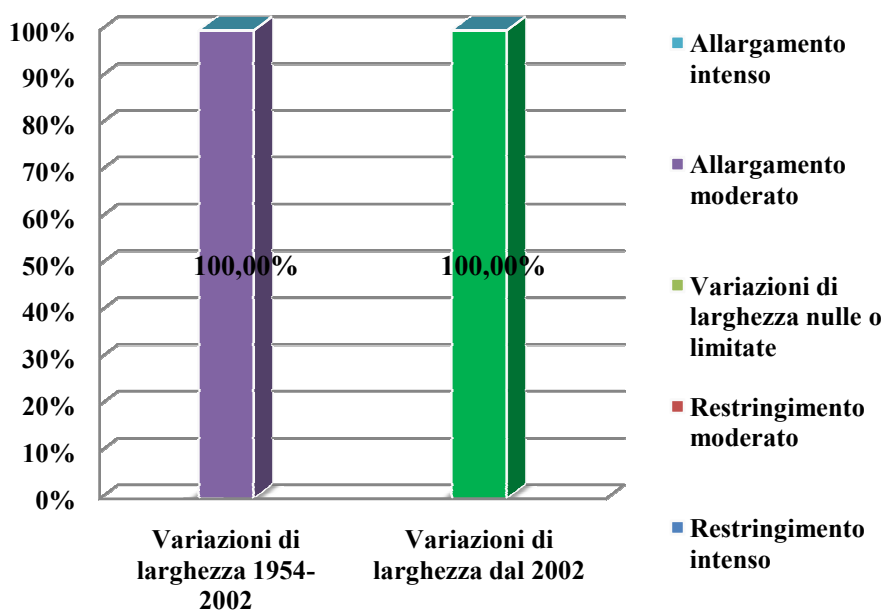


Figura 6.21 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella sottofase 2 di valutazione della qualità Morfologica sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione e inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nei tratti del torrente Mulinello oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.22) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la prima parte delle schede di rilevamento attinenti alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono descritte le risposte assegnate per i tratti del segmento.

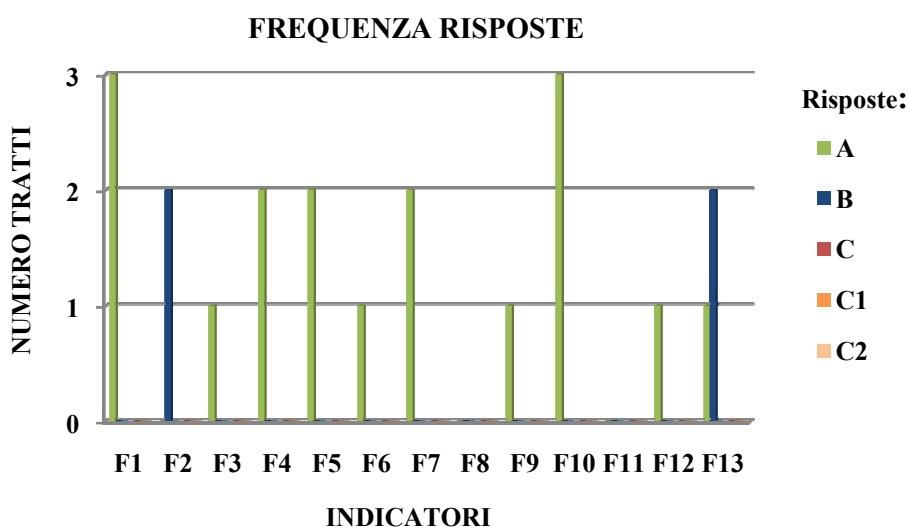


Figura 6.22 - Istogramma delle risposte relative alla Funzionalità geomorfologica per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: I risultati conseguiti per la totalità del segmento confermano l'assenza di significativi ostacoli o intercettazioni al libero passaggio di materiale solido (risposta A).

F2 - Presenza di piana inondabile: I risultati per i tratti componenti il segmento confermano la presenza di piana inondabile discontinua ma non sufficientemente ampia (risposta B) nei tratti valutati.

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore è stato valutato per il tratto 0101 (confinato) con un grado di collegamento significativo tra versanti e corridoio fluviale (risposta A).

F4 - Processi di arretramento delle sponde: In tutti i tratti valutati sono state valutate frequenti sponde in arretramento (risposta A).

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: I tratti osservati presentano una fascia potenzialmente erodibile (risposta A).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: L'indicatore è stato applicato al tratto 0101 confinato e a canale singolo. La morfologia di fondo (ciottoli e ghiaia) coincide con quella attesa in base alla pendenza media della valle lungo il tratto (risposta A).

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Nei tratti osservati (escluso il 0101), è stata rilevata un'assenza di alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale (risposta A).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Non è stato applicato poiché l'ambito fisiografico del segmento non rientra in pianura.

F9 - Variabilità della sezione: Il tratto 0101 mostra una variabilità localizzata della sezione per condizionamenti di versante (risposta A).

F10 - Struttura del substrato: La totalità dei tratti presenta una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti (risposta A).

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non si è valutato per naturale assenza di vegetazione perifluviale.

Vegetazione fascia perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: Si è valutata per il tratto 0101 l'esistenza di formazioni funzionali di ampiezza limitata (risposta A).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: Solo per il tratto 0101 è stata attribuita la risposta A, i restanti hanno un'estensione delle formazioni arbustive tra il 33- 90% (risposta B.)

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6. 23) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono analizzate le risposte.

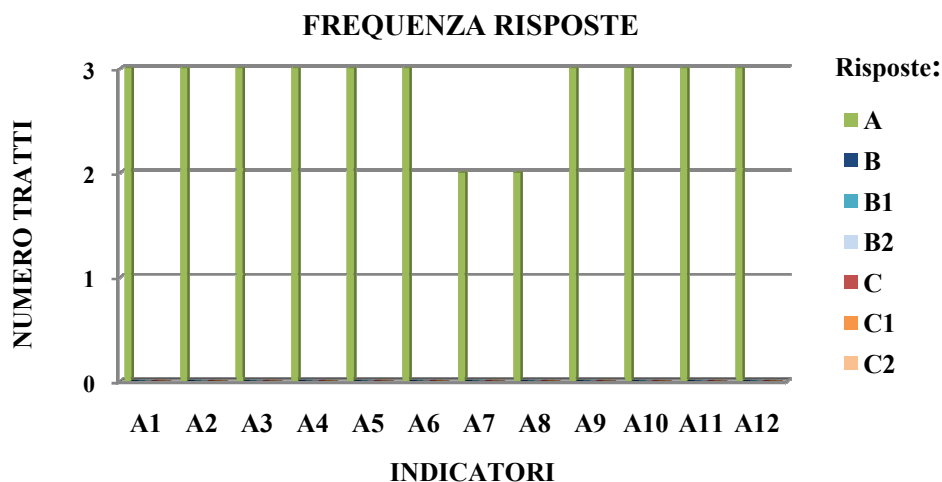


Figura 6.23 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Per tutti i tratti la risposta è stata A per assenza di opere di alterazione delle portate liquide.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Per tutti i tratti non sono state rilevate opere capaci di alterare il normale transito di sedimenti lungo il reticolo idrografico (risposta A).

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Le risposte sono pari ad A per assenza di opere di alterazione delle portate liquide.

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): In tutti i tratti non sono state rilevate opere che possano intercettare il materiale solido (risposta A).

A5 - Opere di attraversamento: Nel segmento sono state rilevate in media meno di n. 1 opera di attraversamento ogni 1.000 metri (risposta A).

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: In tutti i tratti non sono state rilevate difese di sponda significative (risposta A).

A7 – Arginature: L'assenza di arginature ha consentito di attribuire per n. 2 tratti la risposta A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato. Su tutti i tratti non è stato rilevato nessun tipo di variazione del tracciato (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: I tratti esaminati hanno presentato condizioni ottimali con la totalità delle risposte in A per l'assenza di soglie e rampe.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: I tratti esaminati non sono stati sottoposti ad interventi di rimozione di sedimenti (risposta A).

A11 - Rimozione del materiale legnoso: I tratti non presentano interventi di rimozione di materiale legnoso per la loro totalità (risposta A).

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Nel segmento osservato, è stata rilevata un'assenza di tagli di vegetazione, la risposta attribuita è per tutti i tratti A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, si espongono le risposte attribuite per i tratti costituenti il segmento rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3. Si precisa che la componente non è stata valutata per il tratto confinato. Si è proceduto, durante l'analisi effettuata per la valutazione della qualità morfologica, all'osservazione dei tratti Semi Confinati e Non confinati, anche di larghezza inferiore ai trenta metri. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

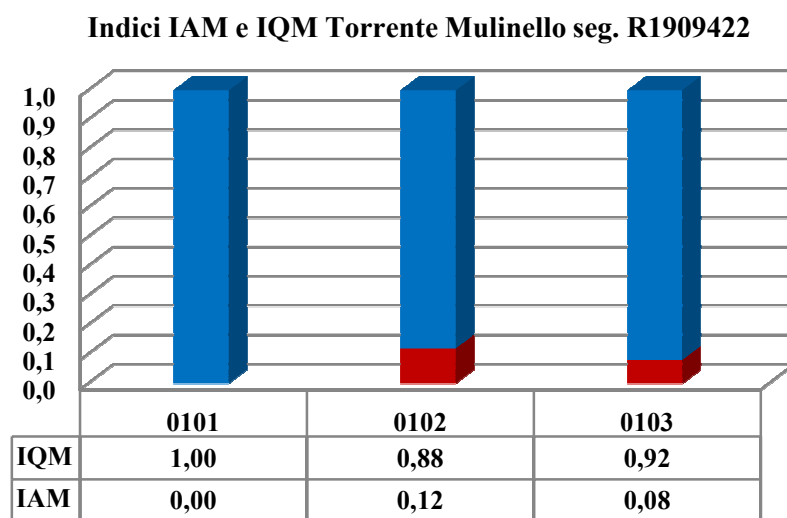
V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Al tratto 0102 è stata assegnata la risposta B perché si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue. Per il tratto 0103 è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50.

V2 - Variazioni di larghezza: Nei due tratti osservati, si è rilevato un allargamento moderato compreso tra il 15% e il 35% rispetto agli anni '50, a entrambi i tratti si è attribuita la risposta B.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non si valuta e si esclude pertanto dal conteggio finale.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione della Qualità morfologica del segmento R1909422 sono riportati in Figura 6.24. Dall'analisi si può affermare che, sotto l'aspetto idromorfologico, la totalità dei tratti possono essere classificati con un IQM elevato. Per il segmento è stato poi valutato con media ponderata un IQM globale il cui risultato pari a 0,94 (IAM=0.06) che lo classifica con classe di qualità morfologica "elevato".



Classi di qualità IQM

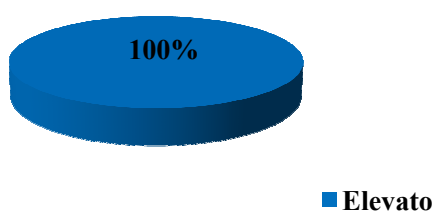


Figura 6.24 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella fase di valutazione della dinamica morfologica sono state utilizzate le schede predisposte per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi sono stati ottenuti il punteggio ed il valore dell'IDM per ogni tratto e conseguentemente per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e il successivo ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del Torrente Mulinello oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria "Morfologia e Processi" riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.25) sono raffigurate le risposte assegnate per i tratti del segmento che sono successivamente analizzate in dettaglio.

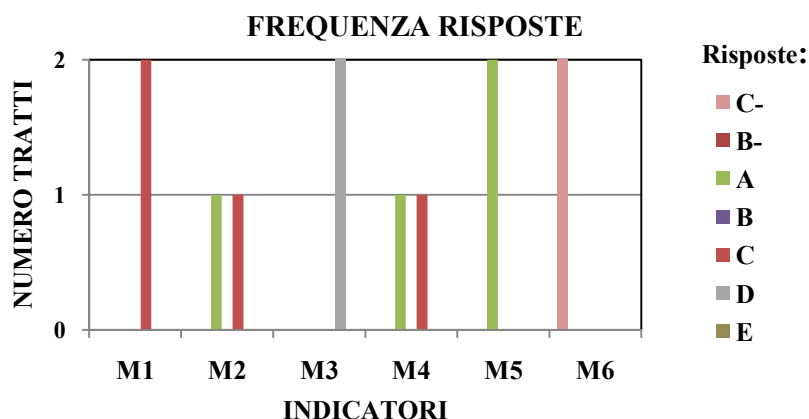


Figura 6.25 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Mulinello (segmento R1909422)

M1 - Tipologia d'alveo: Il segmento è contraddistinto da condizioni di media energia e medio trasporto al fondo, è stata evidenziata anche la presenza di barre per cui per tutti i tratti la valutazione ha portato all'assegnazione della risposta C.

M2 - Erodibilità delle sponde: Il tratto 0102 è distinto da sponde alluvionali erodibili *non coesive* per una lunghezza $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde (risposta C). Per il tratto 0103 le sponde alluvionali erodibili *non coesive* occupano una lunghezza $\leq 10\%$ della lunghezza totale delle sponde (risposta A).

M3 - Erodibilità del fondo: Nel segmento il fondo è stato valutato per tutti i tratti "molto erodibile", con una lunghezza ricoperta tra il 66% e il 90% della lunghezza totale del tratto per la presenza di elementi artificiali e/o naturali, pertanto nei tratti esaminati si è ritenuto giustificato attribuire la risposta D.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Per assenza di sponde in arretramento e condizioni di equilibrio morfologico al tratto 0102 è stata assegnata la risposta A. Per il tratto 0103 è stata assegnata la risposta C perché si è valutata una lunghezza di sponde in arretramento $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde, con tassi di arretramento non trascurabili ma ≤ 3 m/a.

M5 - Tendenze di larghezza: Nei tratti del segmento non si è rilevata nessuna variazione di larghezza rispetto al passato per cui è stata attribuita la risposta A.

M6 - Tendenze altimetriche: Nei tratti del segmento esaminati esistono condizioni di incisione largamente prevalenti e diffuse, di conseguenza è stata attribuita la risposta C-.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.26) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento.

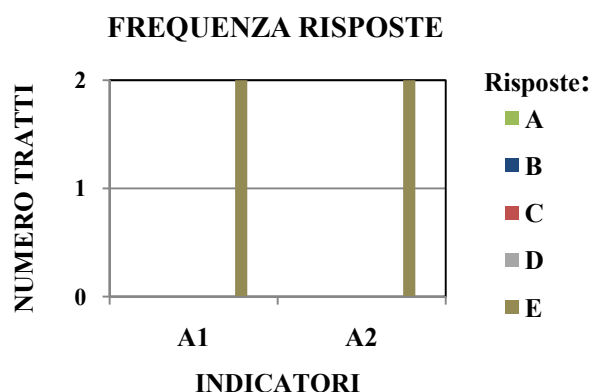


Figura 6.26 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Torrente Mulinello (segmento R1909422)

A1 - Difese di sponda: I n. 2 tratti non hanno difese di sponda, o qualora dovessero riscontrarsi, occupano una lunghezza $\leq 5\%$ della lunghezza totale delle sponde, la risposta assegnata è la E.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: I tratti 0102 e 0103 non presentano una presenza rilevante di opere trasversali o comunque esse si sviluppano per una lunghezza $\leq 5\%$ della lunghezza totale, per cui è stata attribuita la risposta E.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell'IQM. Nella scheda

predisposta per la valutazione dell'IDM tuttavia sono state introdotte una nuova serie di risposte che fanno riferimento a delle precisazioni e dei limiti di classificazione. Di seguito (Fig. 6.27) si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate. Le risposte attribuite per i tratti del segmento sono analizzate di seguito in dettaglio.

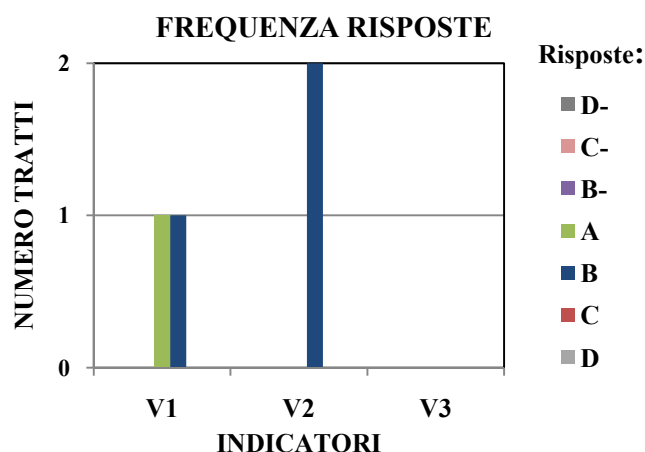


Figura 6.27 – Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Mulinello (segmento R1909422)

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per il tratto 0102 è stata assegnata la risposta B perché si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue. Per il tratto 0103 è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50.

V2 - Variazioni di larghezza: Nei tratti del segmento si è rilevato un allargamento moderato compreso tra il 15% e il 35% rispetto agli anni '50, ad entrambi i tratti è stata attribuita la risposta B.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non si valuta e si esclude pertanto dal conteggio finale.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma (Fig. 6.28), al fine di visualizzare le valutazioni dei tratti analizzati, è riportata una raffigurazione dei punteggi conseguiti sulle classi di dinamica morfologica. Inoltre, si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove è possibile osservare come l'IDM ottenuto consenta di classificare i due tratti analizzati con un IDM elevato.

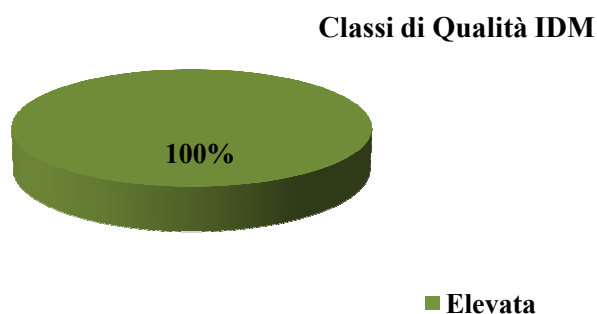
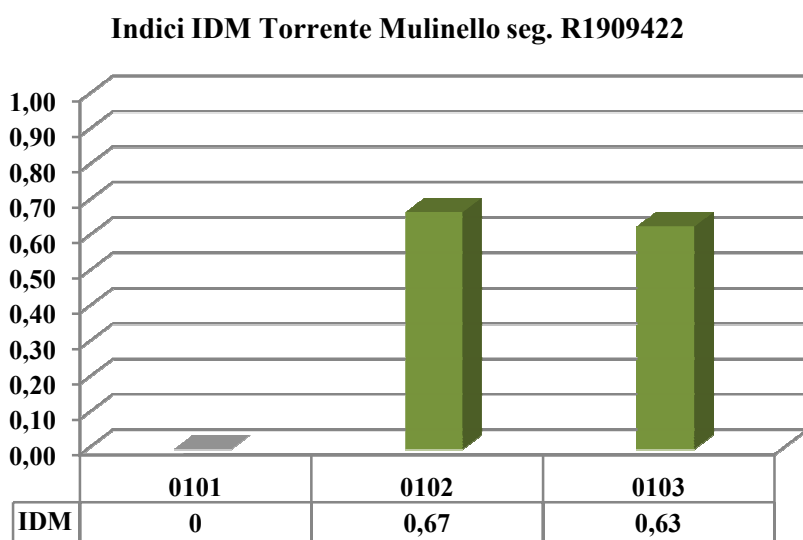


Figura 6.28 - Istogramma e grafico delle classi di qualità per il Torrente. Mulinello (segmento R1909422).

6.1.3 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) del Torrente Calderari (Cod. segmento R 1909421)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino del Simeto è stato descritto in precedenza. Il Torrente Calderari (Fig. 6.29), immissario di destra del Fiume Dittaino, è collocato nel sottobacino Dittaino-Salito. Si estende per più di 19 km, ha origine ad est del comune di Enna e si ricollega a valle con il Fiume Dittaino nei pressi dell'omonima stazione ferroviaria.

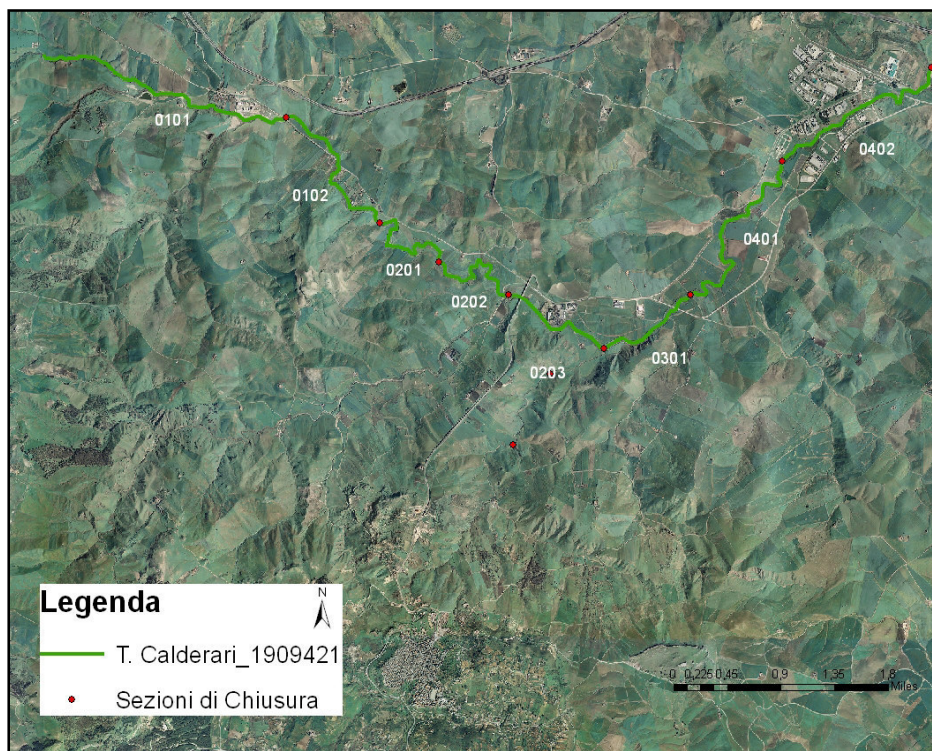


Figura 6.29 –Immagine segmento R1909421 Torrente Calderari e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati riguardanti lo STEP 1 sono rappresentati nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Nello STEP sono state identificate le unità fisiografiche interessate dal corso d’acqua, sito in ambiti fisiografici collinare-montuoso e di pianura, ricade nelle unità fisiografiche delle Colline Terrigene (CTm) per n. 3 tratti e nella Pianura di fondovalle (PFm) per n. 5 tratti (Fig. 6.30). Altre informazioni sono l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media.

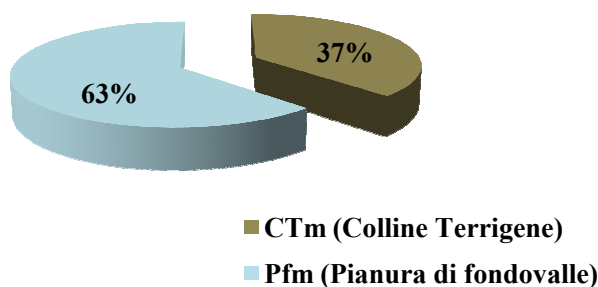


Figura 6.30 – Unità fisiografiche del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Il risultato dello STEP 2 ha riguardato l’attribuzione delle classi di confinamento, provenienti dal confronto del grado di confinamento e degli indici di confinamento su ogni tratto. Nella Tabella 6.1 al punto 2 “Confinamento” è possibile osservare i dati ottenuti, mentre nel grafico (Fig. 6.31) sono raffigurate le classi di confinamento ottenute. Dai dati ottenuti per le classi di confinamento, si evidenzia l’applicazione dell’indice IDM a n. 7 tratti Semiconfinati e Non Confinati.

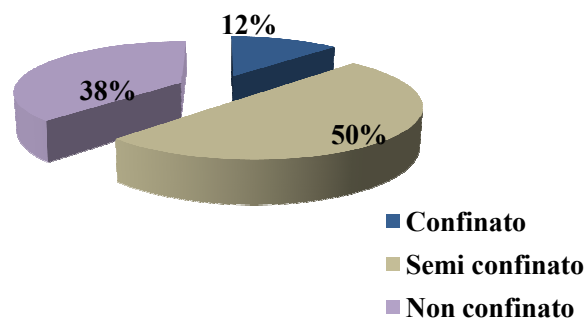


Figura 6.31 - Classi di confinamento del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è stata determinata grazie all'*Indice di sinuosità*, all'*Indice di intrecciamento* ed all'*Indice di anastomizzazione*, i cui dati sono riportati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Sono stati classificati n. 5 tratti del segmento (Fig. 6.32) come Sinuoso (S), n. 2 tratti tipologia Meandriforme (M) e n. 1 tratto come Canale singolo (CS). Altri dati riguardano la configurazione del fondo prevalente, a Letto Piano (LP) e la pendenza dei tratti con valori tra 1.5 % e 0,2 %. Altre notizie riguardano i sedimenti prevalenti in alveo che sono le Argille (A).

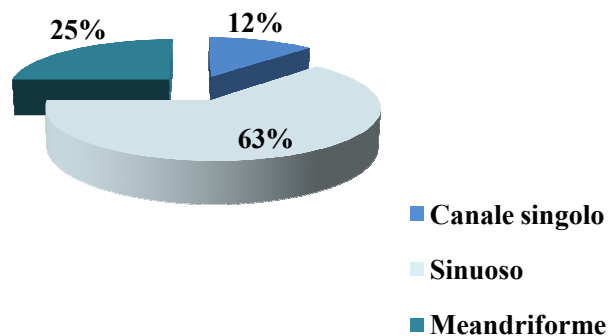


Figura 6.32 - Tipologie d'alveo del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo possono sintetizzarsi nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909421, in n. 8 tratti e riassumono anche i dati relativi alla lunghezza dei tratti e quella rilevata per il segmento, pari a 19.380 metri, con una lunghezza media dei tratti di 2.423 metri. La suddivisione relativa ai tratti risultanti dalla fase 1 sarà oggetto delle successive valutazioni effettuate sul Torrente Calderari.



Figura 6.33 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Calderari (segmento R1909421).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nei tratti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.33 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza esaminata del segmento, pari a 2.186 metri. Si osserva come il Torrente Calderari rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 21,50%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 78,50% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

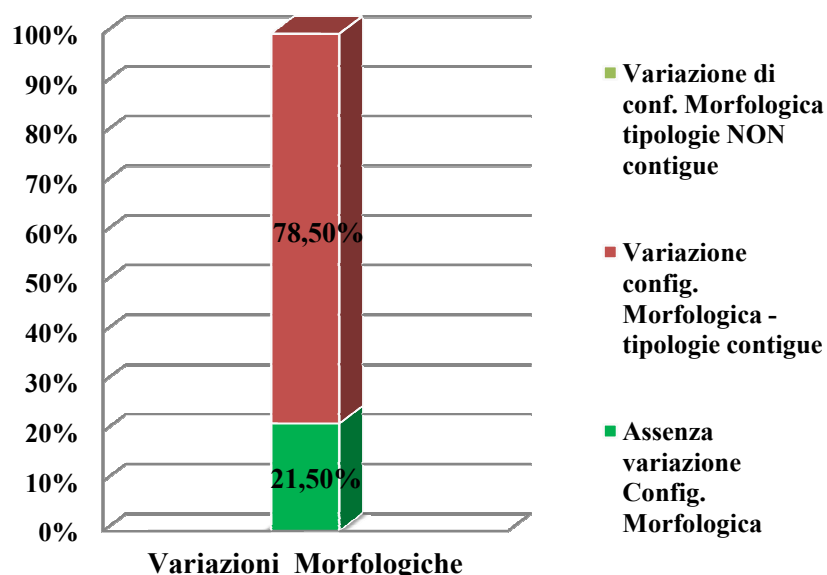


Figura 6.34 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, dove il segmento presenta un 52,50% di allargamento intenso della lunghezza, un 20,00% di allargamento moderato mentre si ha un restringimento moderato per il 27,50% della sua lunghezza. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari al 25,50%, un restringimento moderato per il 23,00% mentre il resto è rimasto invariato. I risultati sono rappresentati in Figura 6.34

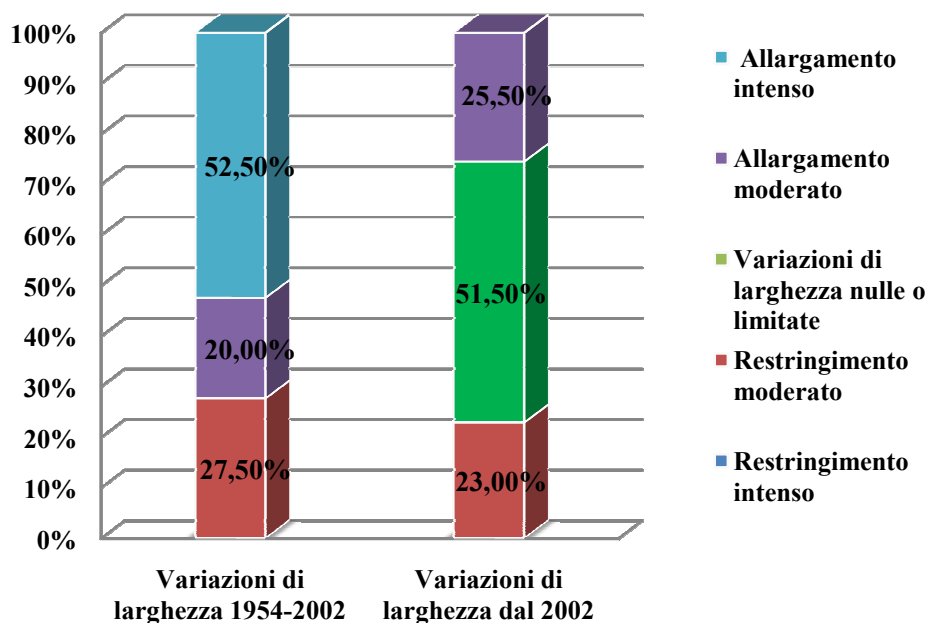


Figura 6.35 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione ed inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nei tratti del torrente Vallone Salito oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.36) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la prima parte delle schede di rilevamento attinenti alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono esaminate le risposte assegnate ad ogni tratto.

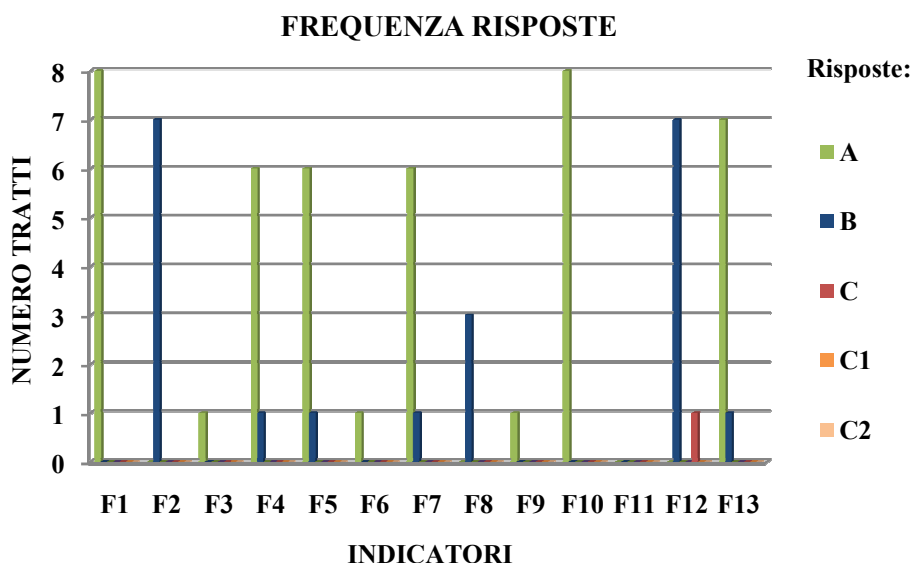


Figura 6.36 - Istogramma delle risposte relative alla Funzionalità geomorfologica Torrente Calderari (segmento R1909421)

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: Per tutti i tratti non si osservano ostacoli o intercettazioni al libero passaggio di materiale solido per opere trasversali (risposta A).

F2 - Presenza di piana inondabile: L'esistenza di una piana inondabile discontinua ma non sufficientemente ampia consente di attribuire la risposta B. Si esclude dalla valutazione il primo tratto (Confinato).

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: Si applica in alvei confinati, si è valutato per il segmento 0101 che ha un grado di collegamento significativo (risposta A).

F4 - Processi di arretramento delle sponde: In tutti i tratti, eccetto il primo, sono frequenti sponde in arretramento (risposta B).

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: I tratti osservati, ad eccezione dello 0101 (risposta B), mostrano una fascia potenzialmente erodibile, continua e sufficientemente ampia (risposta A).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: Nel tratto 0101, la morfologia di fondo coincide a quella attesa (risposta A).

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: In tutti i tratti, eccetto lo 0402 (risposta B), si rilevano alterazioni della naturale eterogeneità di forme attesa per la tipologia fluviale (risposta A).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Nei tratti meandriiformi 0203, 0401 e 0402, si identificano tracce di forme fluviali non attuali (risposta B).

F9 - Variabilità della sezione: Si è valutato solo per il tratto 0101 che mostra una variabilità della sezione (larghezza e profondità) per la presenza di vegetazione e condizionamenti di versante (risposta A).

F10 - Struttura del substrato: La totalità dei tratti presentano una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti (risposta A).

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non è stato valutato per naturale assenza di vegetazione perifluviale.

Vegetazione fascia perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: Nel tratto 0101 si rilevano formazioni funzionali di ampiezza limitata (risposta C), nei rimanenti tratti si rileva una vegetazione arbustiva compresa tra la metà e il doppio della larghezza dell'alveo (risposta B).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: Il tratto 0101 ha un'estensione delle formazioni funzionali tra il 33-90% della lunghezza massima (risposta B), i rimanenti > 90% (risposta A).

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6. 37) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono esaminate le risposte.

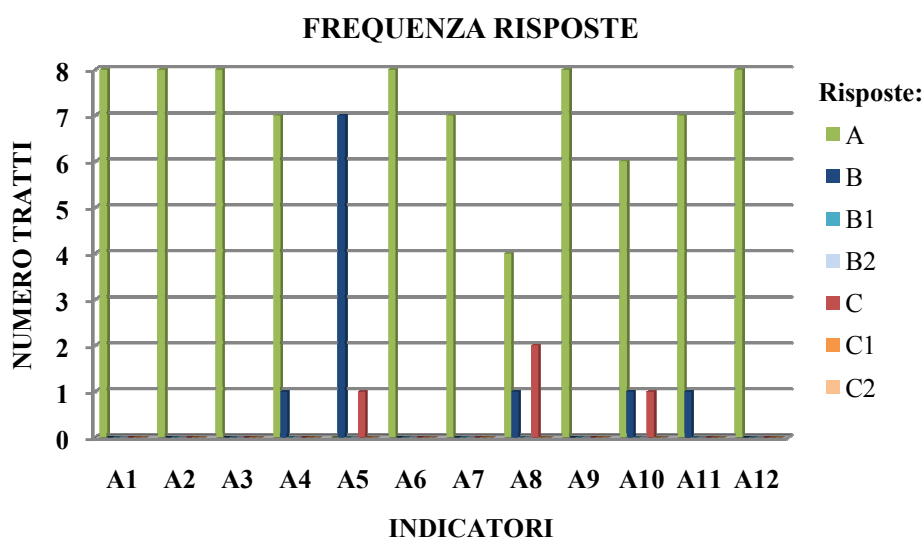


Figura 6.37- Istogramma delle risposte relative alla Artificialità per il Torrente Calderari (segmento R1909421)

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: In tutti i tratti è stata osservata l'assenza opere di alterazione delle portate liquide (risposta A).

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Nei tratti sono assenti le opere in grado di alterare il normale transito di sedimenti (risposta A).

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nei tratti indagati le risposte sono A per assenza di opere di alterazione delle portate liquide.

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): In quasi tutti i tratti non esistono opere che intercettino materiale solido (risposta A), tranne nel 0402 (risposta B).

A5 - Opere di attraversamento: Su n. 7 tratti sono state rilevate in media n. 1 opera di attraversamento ogni 1.000 metri (risposta B). Fa eccezione l'ultimo tratto, 0402, per la presenza diffusa di tali opere (risposta C).

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: La totalità dei tratti non ha difese di sponda la cui presenza sia stata ritenuta significativa (risposta A).

A7 - Arginature: Per assenza di arginature sui n. 7 tratti la risposta è A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: Nel tratto 0301 sono note variazioni artificiali del tracciato per una lunghezza <10% della lunghezza del tratto (risposta B), nei tratti 0401 e 0402 la lunghezza è >10% (risposta C). Negli altri tratti non si notano variazione del tracciato (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: Nei tratti studiati, per assenza di soglie e rampe le risposte sono tutte A.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Nel tratto 0401 è stata considerata una moderata attività di rimozione dei sedimenti (risposta B), il tratto 0402 è stato soggetto ad intensa attività di rimozione sedimenti (risposta C). I rimanenti tratti non sono stati soggetti ad attività di rimozione (risposta A).

A11 - Rimozione del materiale legnoso: I tratti non presentano interventi di rimozione di materiale legnoso (risposta A) tranne lo 0402 (risposta B).

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perfluviale: Non sono stati rilevati tagli di vegetazione, la risposta attribuita è per tutti i tratti A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, in questa parte si espongono le risposte attribuite per i tratti costituenti il segmento rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3. Si è proceduto all'osservazione dei tratti Semi Confinati e Non confinati, anche di larghezza inferiore ai trenta metri.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 2 tratti è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Per n. 5 tratti si è data la risposta B perché si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue.

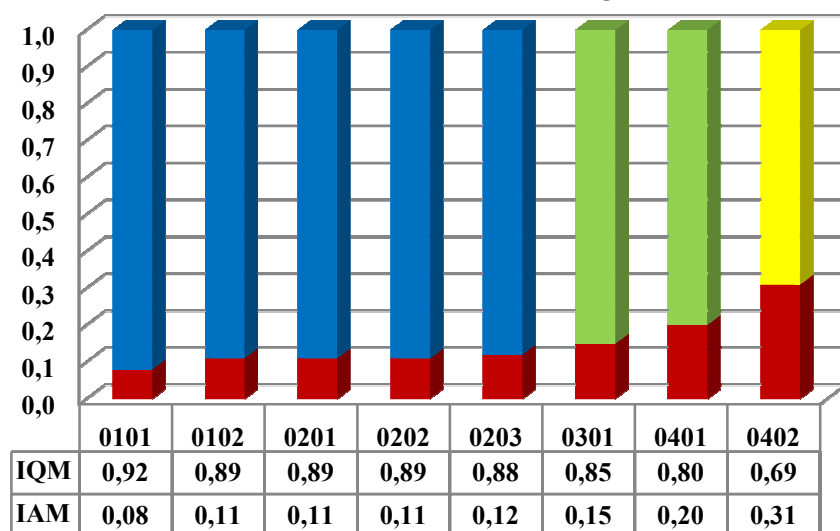
V2 - Variazioni di larghezza: Sul tratto 0201 è stata assegnata la risposta C per restringimento intenso maggiore del 35%. Per n. 3 tratti è stata attribuita la risposta B per variazioni di larghezza moderate (15-35%). Infine per n. 3 tratti è stato stimato un allargamento intenso (> 35%) rispetto agli anni '50 per cui è stata assegnata la risposta C.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione della Qualità morfologica del segmento R1909421 sono riportati in Figura 6.38. Dall'analisi è possibile affermare che sotto l'aspetto idromorfologico buona parte dei tratti sono classificati con un IQM elevato, per i tratti 0301 e 0302 l'IQM è pari a buono. Il tratto 0402 presenta un IQM moderato. Per il segmento è stata ottenuto con media ponderata un IQM globale pari a 0,85 (IAM=0.15) con una classe di qualità morfologica pari ad "elevato".

Indici IAM e IQM Torrente Calderari seg. R1909421



Classi di Qualità IQM

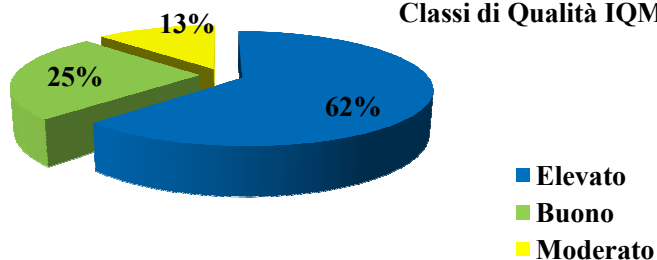


Figura 6.38 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e Grafico delle classi di qualità morfologica per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione della dinamica morfologica sono state adoperate le schede allestite per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi si è conseguito il valore dell'IDM per ogni tratto e conseguentemente per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del Sistema IDRAIM e il successivo conseguimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del Torrente Calderari oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.39) sono raffigurate le risposte assegnate ai tratti del segmento.

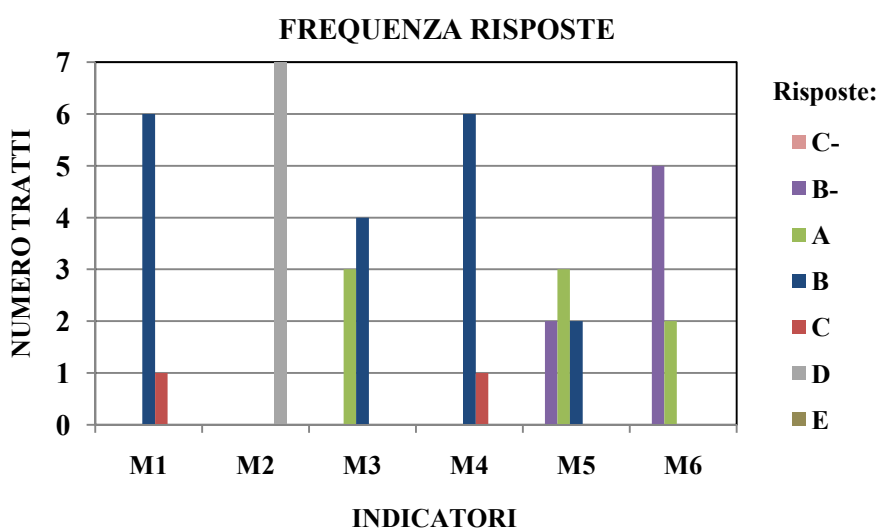


Figura 6.39 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Calderari (segmento R1909421)

M1 - Tipologia d'alveo: Per tale indicatore, si è assegnata la configurazione morfologica appartenente alla risposta B per n. 6 tratti per condizioni di bassa energia e/o basso trasporto al fondo. Solo per il tratto 0203 è stata riscontrata una configurazione morfologica associata a condizioni di media energia e/o medio trasporto al fondo per cui è stata assegnata la risposta C.

M2 - Erodibilità delle sponde: La valutazione ha assegnato all'intero segmento la risposta D per la presenza di sponde alluvionali erodibili *non coesive* per una lunghezza $\leq 90\%$ della lunghezza totale delle sponde (somma di entrambe).

M3 - Erodibilità del fondo: Su n. 4 tratti è stata assegnata la risposta D per la presenza di fondo completamente erodibile per una lunghezza tra il 66% e il 90% della lunghezza del tratto. Per n. 3 tratti è stata invece assegnata la risposta A per la presenza di fondo alluvionale erodibile per una lunghezza $\leq 10\%$ della lunghezza del tratto.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Per n. 6 tratti si è attribuita la risposta B per sponde in arretramento per una lunghezza $\leq 5\%$ della lunghezza totale delle sponde. Per il tratto 0102, tratto più a monte, è stata assegnata la risposta C in quanto le sponde in arretramento hanno una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde con tassi di arretramento non trascurabili $\leq 3\text{m/a}$.

M5 - Tendenze di larghezza: Su n. 3 tratti non è stata rilevata alcuna tendenza di allargamento/restringimento con attribuzione risposta A. I tratti 0102 e 0301 presentano una tendenza all'allargamento con aumento di larghezza $\leq 10\%$ in un intervallo temporale di 10 – 15 anni (risposta B). Per i tratti 0202 e 0203 si è evidenziato un restringimento non trascurabile, con riduzione di larghezza $\leq 10\%$ e con l'attribuzione della risposta B-.

M6 - Tendenze altimetriche: Su n. 5 tratti è stata assegnata la risposta B- in quanto palesano condizioni di lieve incisione, prevalenti rispetto alle tendenze di sedimentazione. Solo n. 2 tratti presentano condizioni di equilibrio tra processi di incisione e di sedimentazione (risposta A).

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.40) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono esaminate nel dettaglio le risposte attribuite a ogni tratto.

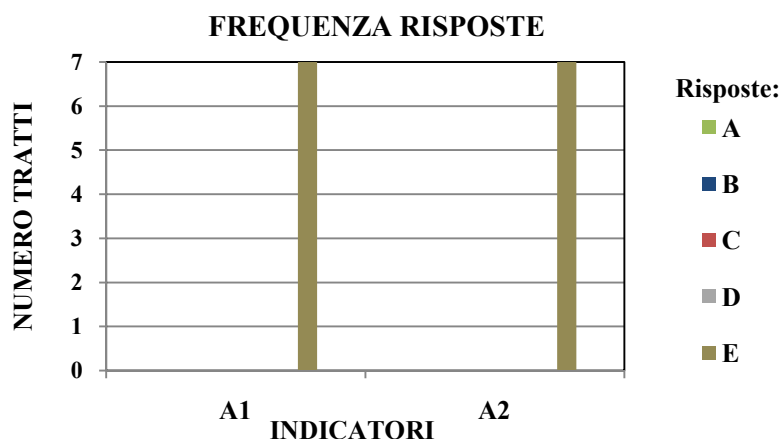


Figura 6.40 - Istogramma dei valori di Artificialità del Torrente Calderari (segmento R1909421).

A1 - Difese di sponda: L'intero segmento è contraddistinto da assenza di difese di sponda o esistenza di difese localizzate, $\leq 5\%$ della lunghezza totale delle sponde con l'attribuzione della risposta E.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Non si sono evidenziate opere che alterano il transito di sedimenti con l'attribuzione della risposta E per tutto i tratti costituenti il segmento.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, come avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell’IQM. Nella scheda per la valutazione dell’IDM sono introdotte una serie di risposte con precisazioni e limiti di classificazione. In Figura 6.41 si riporta un istogramma delle valutazioni.

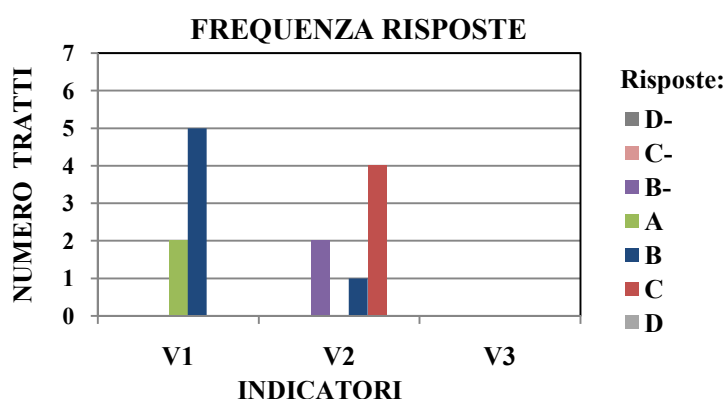


Figura 6.41 – Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 2 tratti è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Per n. 5 tratti si è data la risposta B perché si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue.

V2 - Variazioni di larghezza: Sul tratto 0201 la risposta è stata C- per restringimento intenso (> 35%). Per n. 2 tratti si è attribuita la risposta B- per un restringimento moderato. Il tratto 0402 evidenzia variazioni di larghezza (15-35%) moderate (risposta B). Infine per n. 3 tratti si è stimato un allargamento intenso (> 35%) rispetto agli anni '50 (risposta C).

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, l'indicatore non viene valutato.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma (Fig. 6.42) al fine di visualizzare le valutazioni generali dei tratti analizzati viene riportata una raffigurazione dei punteggi conseguiti relativamente alle classi di dinamica morfologica. Inoltre, si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove è possibile osservare come l'IDM ottenuto consenta di affermare n. 5 tratti sono classificati con un IDM elevato, mentre per n. 2 tratti la classificazione è pari a media.

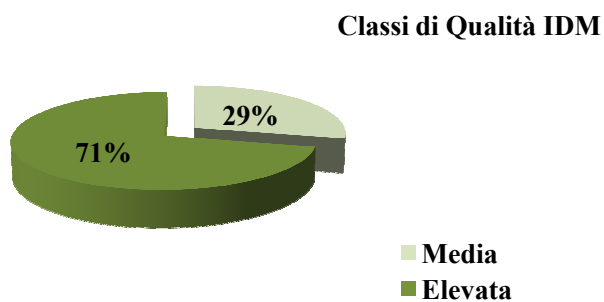
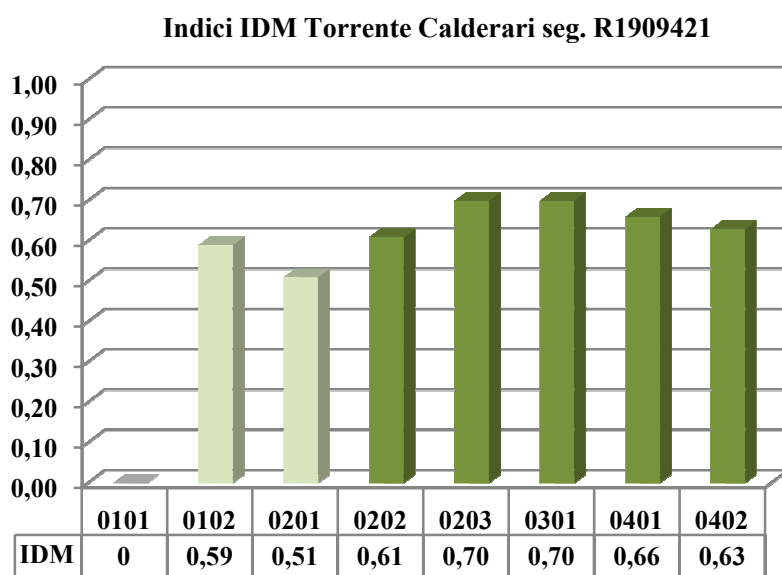


Figura 6.42 - Istogramma e Grafico delle classi di qualità IDM per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

6.1.4 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Fiume Dittaino/Bozzetta (Cod. segmento R 1909420)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'attribuzione al segmento della denominazione è controversa, su alcune fonti cartografiche figura il nome di fiume Bozzetta mentre in altre è denominato Dittaino già dai primi tratti (Fig. 6.43). Il segmento è collocato nel bacino del Simeto, sottobacino Dittaino-Salito. La sua sorgente è posta a monte dell'invaso Nicoletti, esso si ricollega con il torrente Crisa ed alla sua confluenza, secondo alcuni, prende il nome di fiume Dittaino.

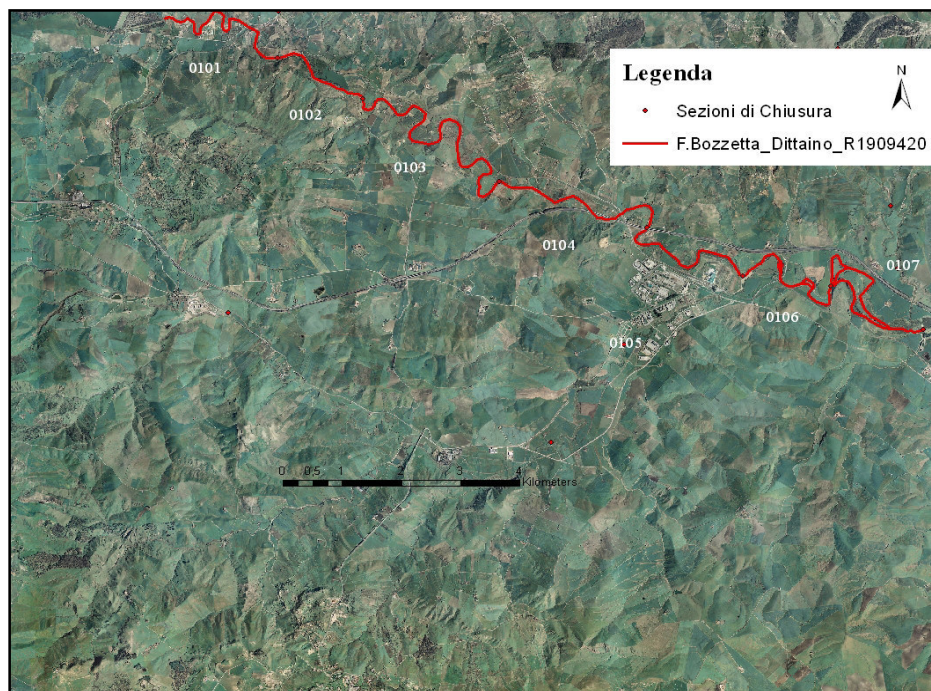


Figura 6.43 – Immagine segmento R1909420 Fiume Dittaino/Bozzetta e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati dello STEP 1 sono riprodotti nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico). Le unità fisiografiche attraversate dal corso d’acqua sono state attribuite (Fig. 6.44). Il segmento osservato, posto in ambito fisiografico di pianura (P), rientra nell’unità fisiografica pianura di fondovalle (Pfm). Tra le altre notizie definite per i tratti, sono prese in considerazione l’area di drenaggio (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media, riportata nella scheda di rilevamento.

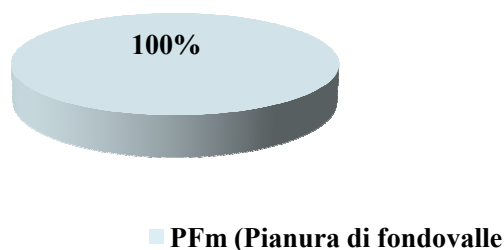


Figura 6.44 - Unità fisiografiche del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Lo STEP 2 ha avuto quale prodotto finale, l’attribuzione delle classi di confinamento, scaturenti dal raffronto del grado di confinamento e degli indici di confinamento. Nella Tabella 6.1 al punto 2 “Confinamento” è possibile rilevare i dati ottenuti, nel grafico (Fig. 6.45) sono rappresentate le classi di confinamento. Sulla base dei dati ottenuti, è possibile applicare l’indice IDM per tutti i 7 tratti.

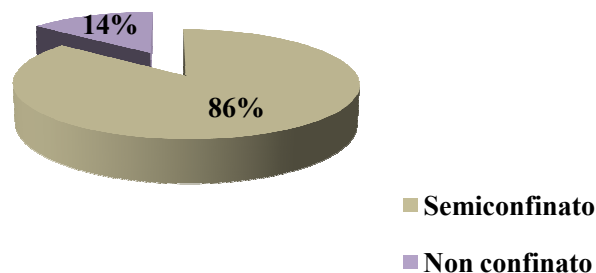


Figura 6.45 - Classi di confinamento del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La "Morfologia dell'alveo" è definita sulla base dell'*Indice di sinuosità*, dell'*Indice di intrecciamento* e dell'*Indice di anastomizzazione*, i dati ottenuti sono riprodotti in Tabella 6.1. Al punto 3 "Morfologia dell'alveo". L'analisi ha consentito di classificare n. 2 tratti del segmento (Fig. 6.46) come Sinuoso (S) e n. 5 tratti come tipologia Meandriforme (M). Altri dati rappresentati riguardano la configurazione del fondo prevalente che è Letto Piano (LP) e la pendenza dei tratti, con valori tra lo 0,6% e 0,4%. Altre informazioni di tipo qualitativo riguardano i sedimenti prevalenti in alveo, Argille (A) per n. 1 tratto e Ghiaia (G) n. 6 tratti.

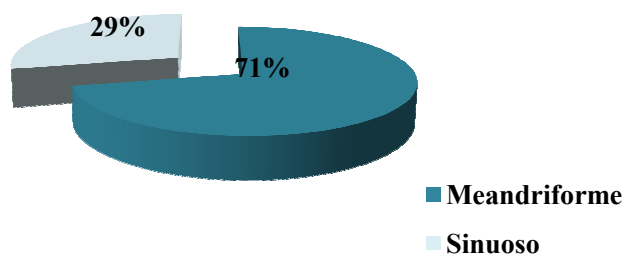


Figura 6.46 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo, possono sintetizzarsi nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909420, in n. 7 tratti. Le generalità riportate riguardano inoltre la lunghezza di ciascun tratto e quella totale rilevata per il Fiume Bozzetta, che è di 22.583 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 3.226 metri. La suddivisione riguardante i tratti risultanti dalla fase 1 sarà oggetto di successiva valutazione sul Fiume Bozzetta.



Figura 6.47 – Immagine del tratto a valle della Diga Nicoletti del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza in tutti i tratti del segmento, essendo semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.47 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza del segmento, pari a 22.583 metri. Si osserva come il Fiume rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 57,50%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 42,50% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

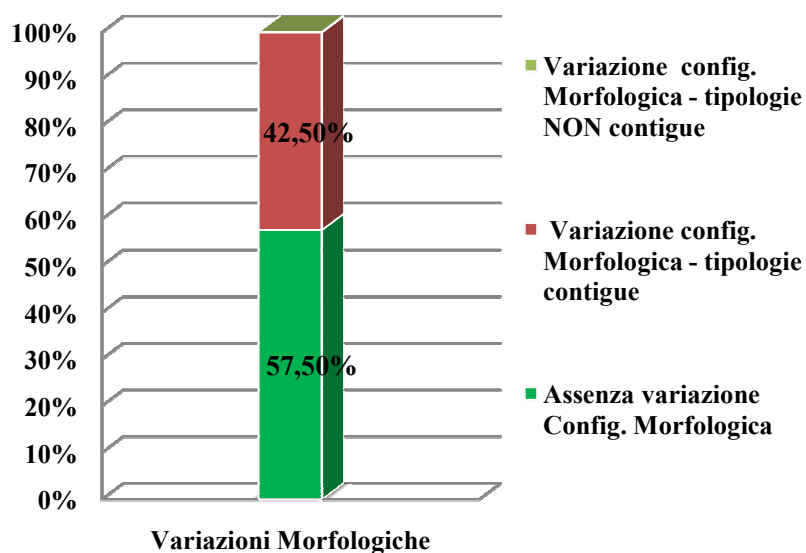


Figura 6.48 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, denota un restringimento moderato per il 40% della sua lunghezza, un 35,00% di restringimento intenso, il 15,00% circa della lunghezza non ha avuto nessuna variazione e solo il 10,00% ha subito un allargamento intenso. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari al 57,50%, mentre il resto è rimasto invariato. I risultati sono rappresentati in Figura 6.48

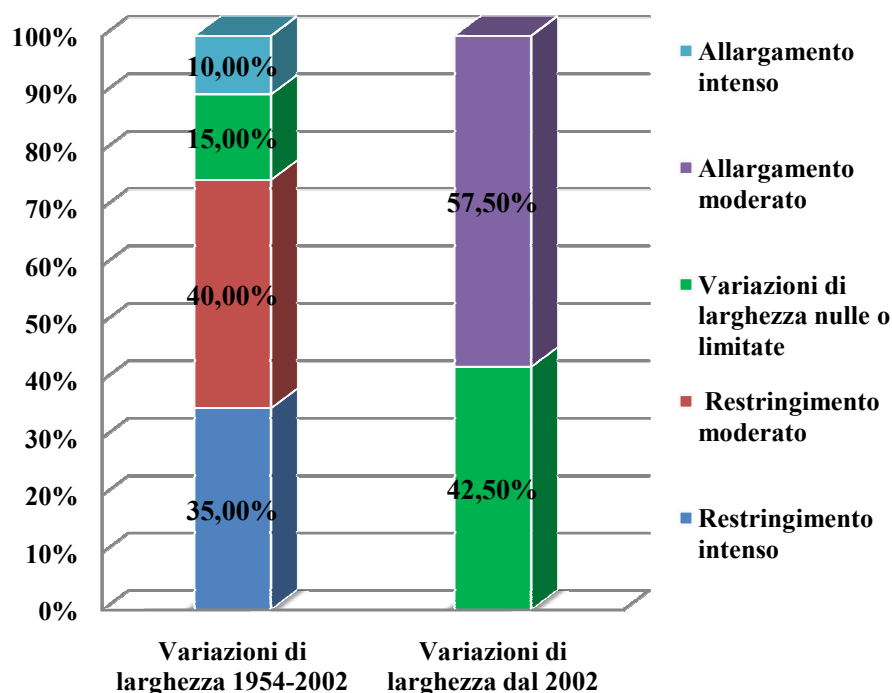


Figura 6.49 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state utilizzate le schede predisposte per il sistema di rilevazione e inerenti la valutazione della qualità morfologica. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità Morfologica*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno esaminati i risultati conseguiti con l'applicazione del sistema IDRAIM e l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.50) sono riportate le valutazioni generali dei tratti per quanto riguarda la parte delle schede di rilevamento che si riferiscono alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono presentate le risposte assegnate per i tratti formanti il segmento.

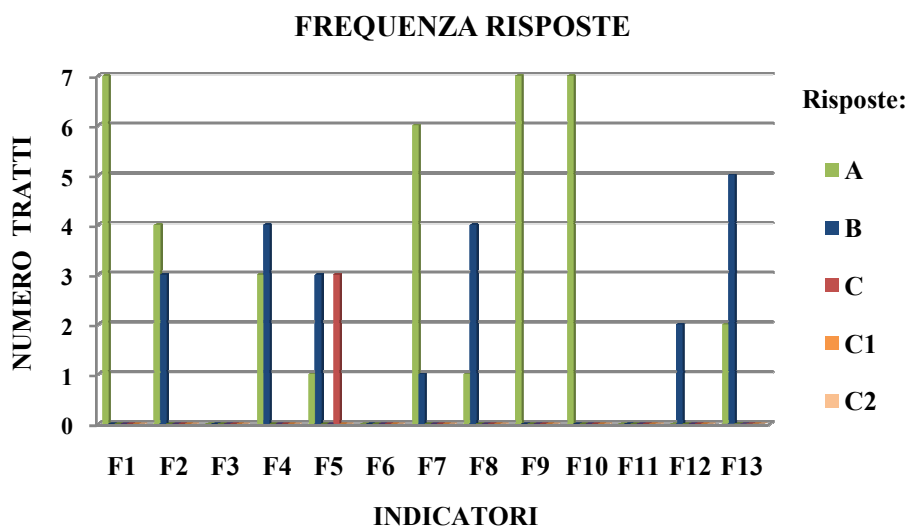


Figura 6.50 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica del Fiume Bozzetta/Dittaino (segmento R1909420).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: In tutti i tratti la naturale continuità delle portate solide poco alterata da opere antropiche consente di attribuire la risposta A.

F2 - Presenza di piana inondabile: Su n. 4 tratti si rileva una piana inondabile continua (risposta A), per gli altri è discontinua (risposta B).

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore si applica in alvei confinati, pertanto non è stato valutato per il segmento.

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Su n. 3 tratti sono frequenti sponde in arretramento (risposta A), su n. 4 tratti si è attribuita la risposta B.

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: E' presente una fascia potenzialmente erodibile scarsamente continua (n. 3 tratti risposta B; n. 3 tratti risposta C). Il 0102 presenta una continuità del 66% (risposta A).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: Non è stato valutato per il segmento perché si applica agli alvei confinati a canale singolo.

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Nei tratti si ha assenza di variazioni da alterazioni antropiche (risposta A), nel 0107 sono presenti per una porzione limitata (risposta B).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Su n. 5 tratti esistono tracce di forme fluviali non attuali (risposta B), solo sul 0103 la risposta è A.

F9 - Variabilità della sezione: Nel segmento si è rilevata una naturale variabilità della larghezza della sezione con attribuzione della risposta A.

F10 - Struttura del substrato: La totalità dei tratti ha rivelato una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti (risposta A).

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non è stato valutato per naturale assenza di vegetazione perifluviale.

Vegetazione Fascia Perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: Si è valutato per i tratti 0102 e 0103, con vegetazione arbustiva compresa tra la metà e il doppio dell'alveo (risposta B).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: Su n. 5 tratti si rilevano formazioni funzionali con lunghezza tra il 33-90% (risposta B), per n. 2 tratti la lunghezza è maggiore del 90% (risposta A).

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6. 51) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono esaminate le risposte.

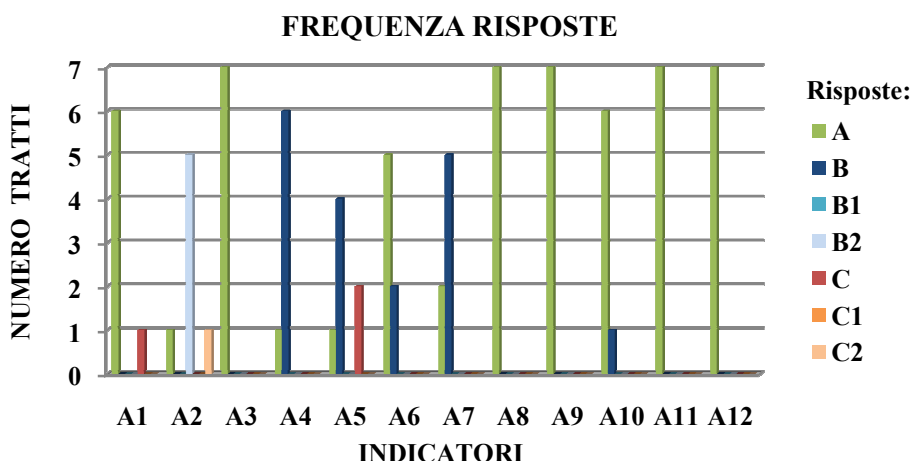


Figura 6.51- Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del F. Bozzetta/Dittaino (segmento R1909420).

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Si è attribuita la risposta A per n. 6 tratti per assenza di opere di alterazione delle portate liquide, per il tratto 0101 la risposta è stata C per la presenza della diga Nicoletti.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: La diga Nicoletti, a monte dei tratti, produce effetti rilevanti sull'alterazione del trasporto solido. Per il tratto 0101 la risposta è C2, per n. 5 tratti (area sottesa dalla diga tra il 33-66%) la risposta è B2. Il tratto 0107 non risente di tali effetti (risposta A).

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nel segmento non sono state rilevate opere di alterazione delle portate liquide (risposta A).

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Le risposte attribuite sono la B per n. 6 tratti per la presenza di briglie, per il tratto 0101 la risposta è stata A per l'assenza di tali opere.

A5 - Opere di attraversamento: Per assenza di opere di attraversamento la valutazione è stata per n. 1 tratto A, per n. 4 tratti B per la presenza in media di un'opera ogni 1.000 metri mentre per n. 2 tratti è stata attribuita la risposta C, per numero di opere superiore all'unità ogni 1.000 metri.

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: Per n. 5 tratti la presenza delle difese di sponda non è significativa (risposta A). Per n. 2 tratti le difese di sponda in terra battuta ed altre opere hanno consentito di attribuire la risposta B.

A7 - Arginature: L'assenza di arginature ha consentito una valutazione per n. 2 tratti pari ad A, su n. 5 tratti la risposta è B per argini vicini per una lunghezza superiore al 10% della lunghezza totale delle sponde.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: Nel segmento si è ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali in passato (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: Nella totalità dei tratti si ha assenza di soglie e rampe (risposta A).

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Nel tratto 0101 è stata attribuita la risposta B per rimozione di sedimenti, nei restanti tratti non si hanno nozioni o evidenze certe di rimozione di sedimenti, con attribuzione della risposta A.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Per assenza di rimozione di materiale legnoso in tutti i tratti si è attribuita la risposta A.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Si è presupposta un'assenza di tagli di vegetazione, la risposta attribuita per tutti i tratti è A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, in questa parte si espongono le risposte attribuite per i tratti costituenti il segmento rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3. Si è proceduto, contestualmente all'analisi effettuata per l'ottenimento dell'IDM, all'osservazione dei tratti Semi Confinati e Non confinati, anche di larghezza inferiore ai trenta metri.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: In considerazione delle opere di canalizzazione a valle dell'invaso Nicoletti, per n. 3 tratti è stata attribuita la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Per n. 4 tratti si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue con attribuzione della risposta B.

V2 - Variazioni di larghezza: Il tratto 0104 non presenta variazioni di larghezza, con attribuzione della risposta A. Per n. 2 tratti si rileva un restringimento moderato (risposta B), considerando la regolamentazione delle acque dovuta all'invaso Nicoletti. Per n. 4 tratti si valutano variazioni di larghezza intense per cui è stata assegnata la risposta C.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza di dati sufficienti per fornire delle risposte attendibili non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione dello stato attuale per il segmento R1909420 sono riportati in Figura 6.52. Dall'analisi dei valori risultanti dello IAM e dell'IQM si può affermare che n. 4 tratti possono essere attribuiti alla classe di Qualità Morfologica "buono". Per i tratti 0102 e 0103 la classificazione è pari a moderato. Solo al tratto 0101 viene attribuita una classificazione con IQM scarso. Per il segmento è stato valutato con media ponderata un IQM globale, il cui risultato pari a 0,72 (IAM=0,28) ha permesso di attribuirlo ad una classe di qualità morfologica pari a "buono".

Indici IAM e IQM Fiume Dittaino seg. R190420

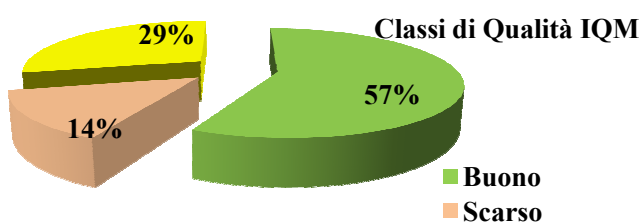
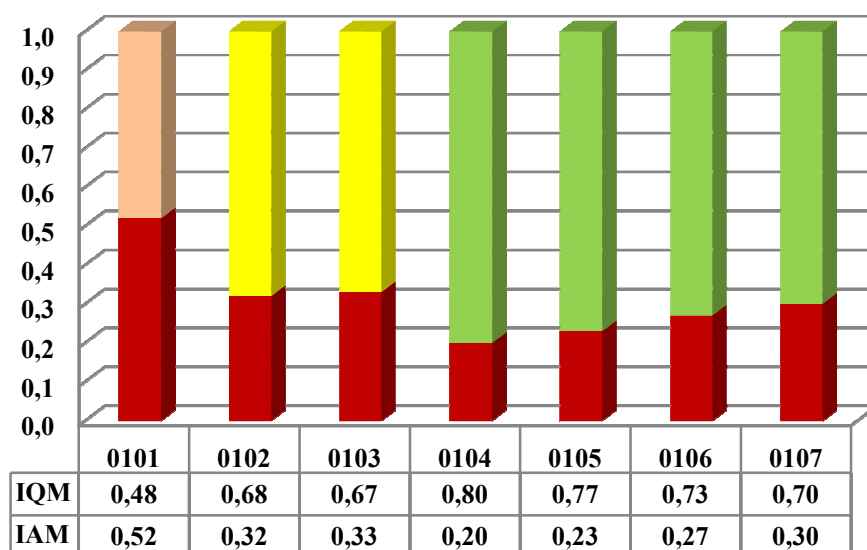


Figura 6.52 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Sottofase 3 - Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella Fase 2 di valutazione delle variazioni di dinamica morfologica sono state impiegate le schede preparate per il sistema di rilevazione. L'analisi ha curato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi si è ottenuto il punteggio e il valore dell'IDM per ogni tratto e conseguentemente del segmento. Di seguito sono trattati i risultati ottenuti con l'applicazione del Sistema IDRAIM e l'ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del Fiume Bozzetta oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.53) sono raffigurate le risposte assegnate ai tratti del segmento. Le risposte attribuite per i tratti del segmento sono descritte in dettaglio di seguito.

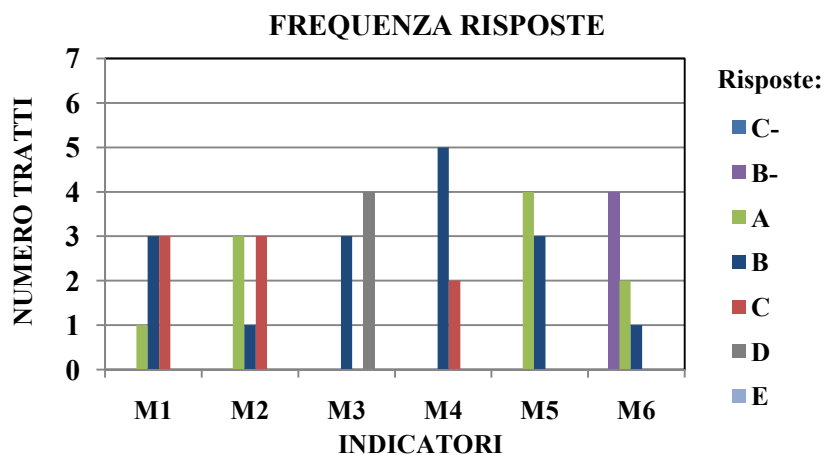


Figura 6.53 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino/. Bozzetta (segmento R1909420)

M1 - Tipologia d'alveo: La configurazione morfologica associata a condizioni di energia e trasporto al fondo estremamente bassi è stata attribuita per n. 1 tratto (risposta A), su n. 3 tratti è stata attribuita la risposta B per condizioni di energia e trasporto bassi, per n. 3 tratti sono state valutate condizioni di media energia e/o medio trasporto (risposta C).

M2 - Erodibilità delle sponde: Si è assegnata la risposta A per n. 3 tratti per sponde erodibili non protette da vegetazione minori del 10% della lunghezza totale delle sponde. Per n. 3 tratti, con sponde non protette e non coesive $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde, si è assegnata la risposta C. Il tratto 0106 ha condizioni intermedie (risposta B).

M3 - Erodibilità del fondo: Per n. 3 tratti si attribuisce la risposta B per fondo alluvionale completamente erodibile per una lunghezza tra il 10% e il 33% di quella totale del tratto; per n. 4 tratti la lunghezza del fondo erodibile è tra il 66% e il 90% della lunghezza totale del tratto (risposta D).

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Su n. 5 tratti si rilevano condizioni di stabilità con lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 5\%$ della lunghezza totale (risposta B). Su n. 2 tratti le sponde sono in arretramento per una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale con tassi di arretramento non trascurabili ≤ 3 m/a (risposta C).

M5 - Tendenze di larghezza: Su n. 4 tratti non si è riscontrata nessuna tendenza all'allargamento (risposta A). Per n. 3 tratti è stata valutata una tendenza all'allargamento maggiore del 10% e si è conferita la risposta B.

M6 - Tendenze altimetriche: Le evidenze di incisione sono poco numerose e non diffuse ma prevalenti rispetto alla sedimentazione, su n. 4 tratti è stata attribuita la risposta B-. Per n. 2 tratti si sono valutate condizioni di equilibrio per cui si è assegnata la risposta A. Per il tratto 0107 sono stati rilevati processi di lieve sedimentazione non diffuse ma prevalenti rispetto a quelli di incisione (risposta B).

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.54) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono esaminate nel dettaglio le singole risposte attribuite al segmento.

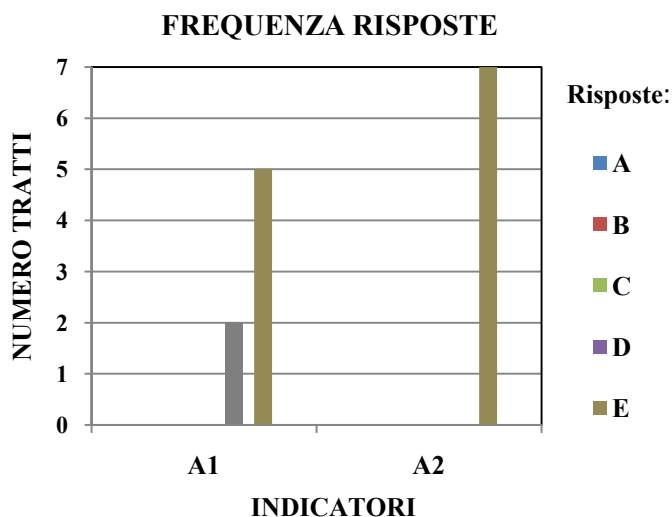


Figura 6.54 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

A1 - Difese di sponda: Non sono state osservate opere di difesa spondale pertanto per n. 5 tratti è stata attribuita la risposta E. Solo nei tratti 0101 e 0103 è stata rilevata la presenza di difese di sponda per una lunghezza $\leq 33\%$ del totale delle sponde (risposta D).

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Non sono state evidenziate opere trasversali evidenti o comunque $\leq 5\%$ della lunghezza totale dei tratti, oltre a quella rappresentata dalla traversa di derivazione sita nella confluenza con il Fiume Dittaino, per cui per tutti i tratti è stata attribuita la risposta E.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell’IQM. Nella Figura 6.55 si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate.

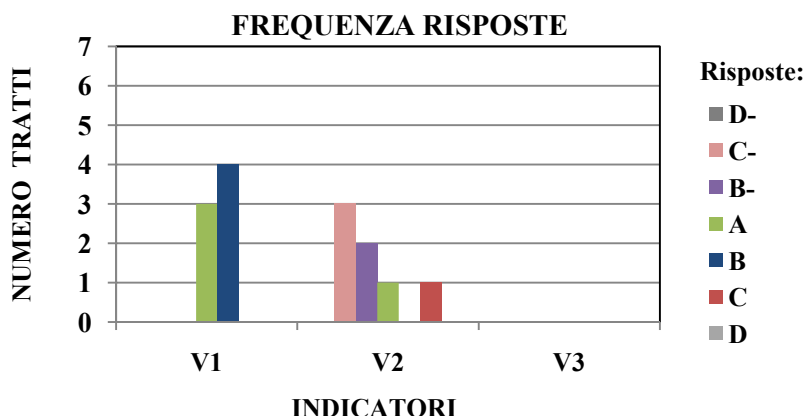


Figura 6.55 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: In considerazione delle opere di canalizzazione a valle dell’invaso Nicoletti, per n. 3 tratti è stata attribuita la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni ’50. Per n. 4 tratti si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue (risposta B).

V2 - Variazioni di larghezza: Il tratto 0104 non ha variazioni di larghezza (risposta A). Per n. 2 tratti si rileva un restringimento moderato (risposta B-) considerata la regolamentazione delle acque per l’invaso. Su n. 3 tratti si è valutato un restringimento intenso (> 35%) (risposta C-). Il tratto 0107 presenta un allargamento intenso (> 35%), risposta C.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non è stato valutato.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma e nel grafico (Fig. 6.56) per visualizzare le valutazioni generali dei tratti osservati, si riporta una raffigurazione della valutazione della Dinamica Morfologica per il segmento R1909420. Possiamo osservare sotto l'aspetto della dinamica morfologica come l'IDM per n. 4 tratti è elevato, mentre per n. 3 tratti la classificazione è media.

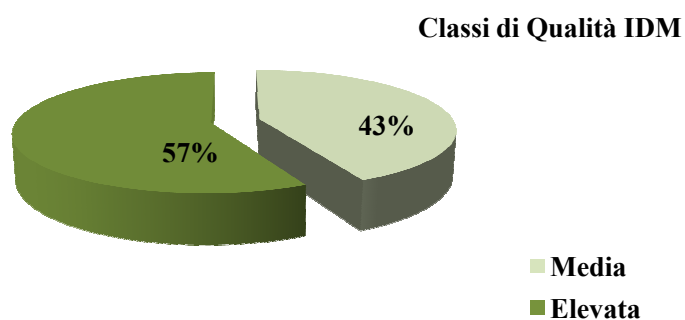
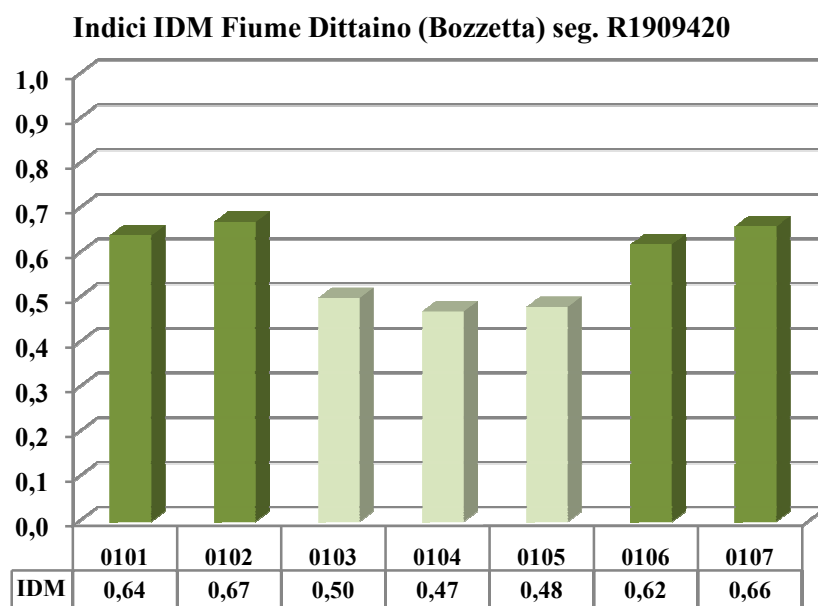


Figura 6.56 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

6.1.5 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) sul Vallone Salito (Cod. segmento R 1909419)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

Il Vallone Salito (Fig. 6.57) si trova nel sottobacino Dittaino-Salito e la sua sorgente è adiacente al centro abitato di S. Giorgio del Comune di Assoro. Esso si ricongiunge a valle con il fiume Dittaino in prossimità dell'autostrada A19 Catania – Palermo. Durante i rilievi in campo sono stati utilizzati degli idonei punti di osservazione che hanno permesso la valutazione del segmento.

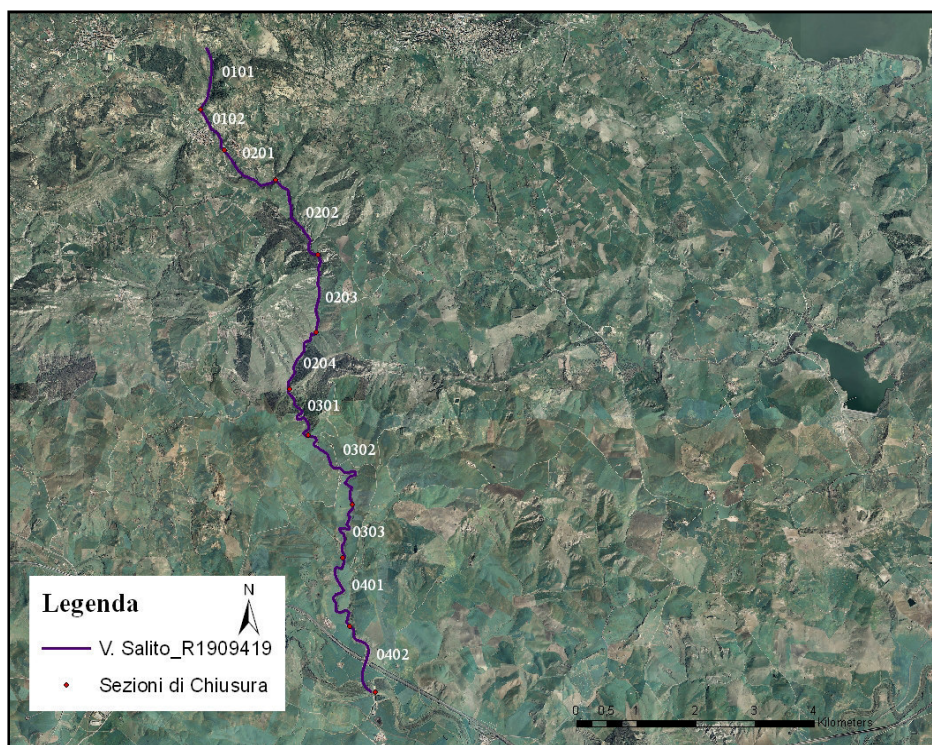


Figura 6.57 – Immagine segmento R1909419 Vallone Salito e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati concernenti lo STEP 1 sono riportati nella Tabella generale 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Il segmento, posto in ambito fisiografico montano (M), collinare-montano (CM) e di pianura (P), ricade nelle unità fisiografiche distinte per i diversi tratti che sono la TTm (paesaggio collinare terrigeno con tavolati) n. 3 tratti, la RTm (rilievi terrigeni) n. 3 tratti, la CEm (paesaggio collinare eterogeneo) n. 2 tratti e la PFm (pianura di fondovalle) n. 3 tratti (Fig. 6.58).

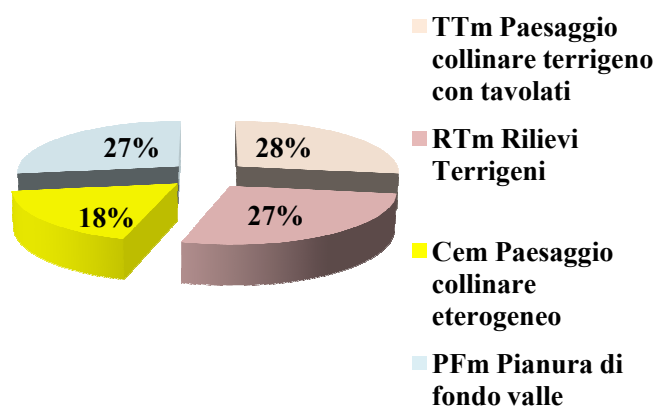


Figura 6.58- Unità fisiografiche del Vallone Salito (segmento R1909419).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

I dati ottenuti a proposito del Confinamento sono rappresentati nella Tabella 6.1 al punto 2, nel grafico a torta (Fig. 6.59) sono rappresentate le classi di confinamento. I dati riguardanti le classi di confinamento indicano che è possibile applicare l'indice IDM solo a n. 5 tratti Semiconfinati e Non Confinati.

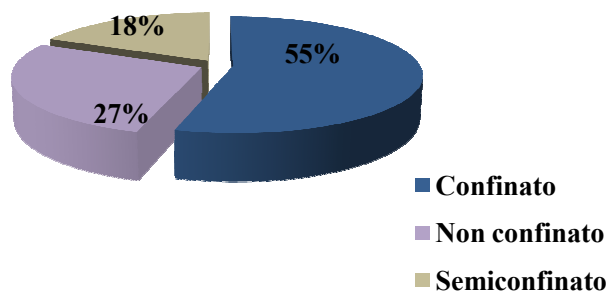


Figura 6.59 - Classi di confinamento del Vallone Salito (segmento R1909419).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è stata determinata per mezzo dell'*Indice di sinuosità*, dell'*Indice di intrecciamento* e dell'*Indice di anastomizzazione*, i cui dati sono rappresentati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Nel segmento (Fig. 6.60) n. 6 tratti sono a Canale singolo (CS), n. 3 tratti ad andamento Sinuoso (S) e n. 2 tratti a tipologia Meandriforme (M). Le altre informazioni riportano l'area di drenaggio sottesa, la configurazione del fondo prevalente che è quella a Letto Piano (LP) e la pendenza dei tratti, con valori tra l'11% e 0,7% tra il primo e l'ultimo tratto. Altre notizie di tipo qualitativo riguardano i sedimenti prevalenti in alveo che sono Ciottoli (C) per n. 6 tratti e ghiaia (G) n. 5 tratti.

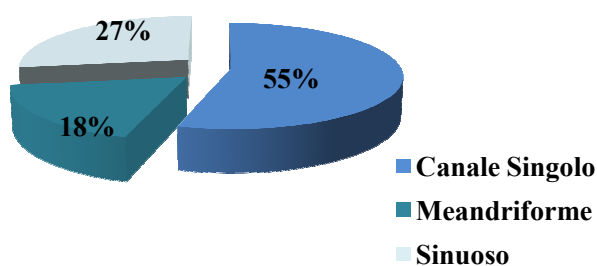


Figura 6.60 - Tipologia d'alveo del Vallone Salito (segmento R1909419).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo, possono sintetizzarsi nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909419, in n. 11 tratti. Nelle generalità sono rappresentate la lunghezza di ogni tratto e quella totale del segmento che è di 15.416 metri, con una lunghezza media dei tratti pari 1.401 metri. I tratti risultanti dalla fase 1 sono pertanto oggetto delle successive valutazioni.



Figura 6.61 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Vallone Salito (segmento R1909419).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nei 5 tratti del segmento semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.61 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza dei tratti del segmento esaminati, pari a 8.012 metri. Si osserva come il Fiume rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 66,00% mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 34,00% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

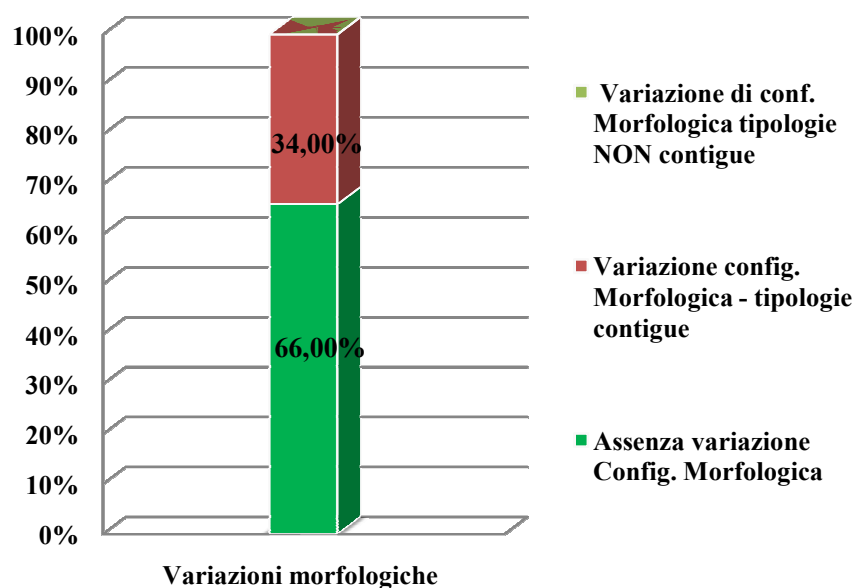


Figura 6.62 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, denota un restringimento moderato per il 40,50% della sua lunghezza, un 19,50% di restringimento intenso, 26,00% di allargamento moderato, il 14,00% circa della lunghezza non ha avuto nessuna variazione. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari al 19,00%, mentre il resto è rimasto invariato. I risultati sono rappresentati in Figura 6.62.

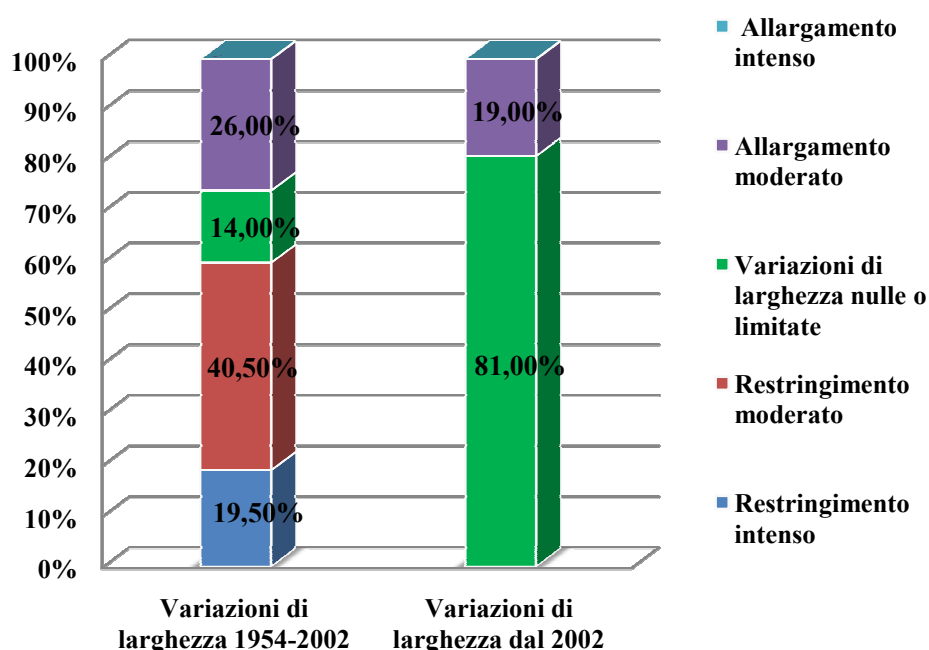


Figura 6.63 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione ed inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nei tratti del torrente Vallone Salito oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.64) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la prima parte delle schede di rilevamento attinenti alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono state descritte le risposte attribuite per i tratti del segmento.

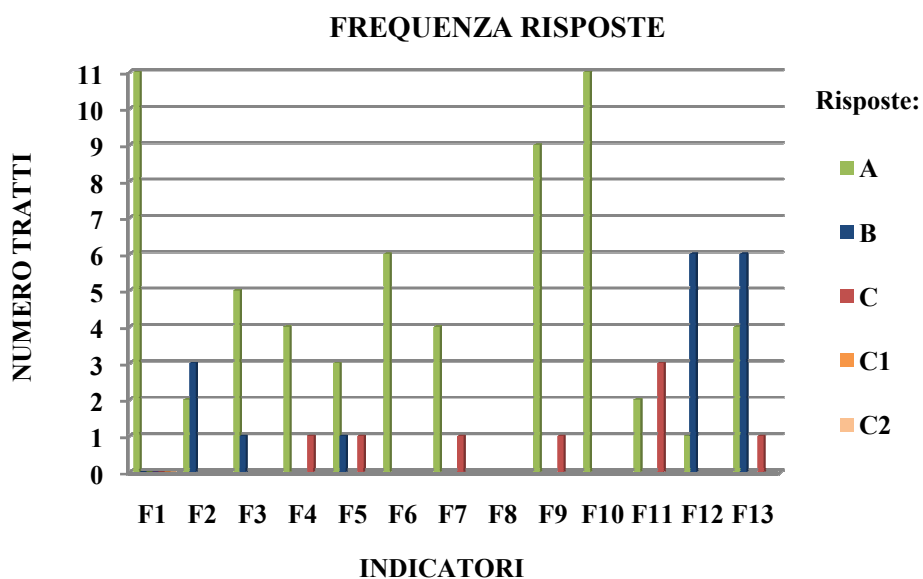


Figura 6.64 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica del Vallone Salito - segmento R1909419.

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: Nella totalità dei tratti del segmento si rileva la naturale continuità delle portate solide poco alterata da opere antropiche che intercettano o ne ostacolano il libero flusso (risposta A.)

F2 - Presenza di piana inondabile: L'indicatore è stato valutato solo per alvei semi- non confinati, i risultati ottenuti confermano nei tratti 0303 e 0401 la presenza di piana inondabile continua e ampia (risposta A), sui restanti n. 3 tratti esiste una piana continua ma non sufficientemente ampia.

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: In tutti i tratti confinati valutabili esiste un collegamento pieno tra versanti e corridoio fluviale per gran parte del segmento (risposta A), tranne il tratto 0102 dove è stata attribuita la risposta B.

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Nei tratti esaminati si è rilevata la presenza di frequenti sponde in arretramento per n. 4 tratti (risposta A), per il tratto 0402 le sponde in arretramento hanno rilevanza trascurabile per eccessivo controllo antropico (risposta C).

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: I tratti 0301, 0302 e 0303 evidenziano una fascia potenzialmente erodibile ampia e continua >66% del tratto (risposta A), il tratto 0401 mediamente ampia (risposta B) e il tratto 0402 scarsamente continua (risposta C).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: Si è applicato agli alvei confinati a canale singolo del segmento. I risultati evidenziano per tutti i tratti che le forme di fondo sono coerenti con la pendenza media della valle, la presenza di alcune opere localizzate ne ha fatti risentire gli effetti in maniera trascurabile (risposta A).

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Applicato ai tratti semi- non confinati, si è rilevata per n. 4 tratti la presenza localizzata di alterazioni (risposta A), per il tratto 0402 una consistente alterazione della naturale eterogeneità di forme per pressioni antropiche ha fatto assegnare la risposta C.

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Non è stato applicato a nessun tratto poiché possono essere analizzati solo tratti meandriformi, tipici di pianure alluvionali.

F9 - Variabilità della sezione: Si è rilevata un'assenza di alterazioni per n. 9 tratti (risposta A), mentre nel tratto 0401 si è rilevata la presenza di interventi di rimodellamento della sezione perché in presenza di aree intensamente antropizzate (risposta C).

F10 - Struttura del substrato: Nel segmento tutti i tratti mostrano una naturale eterogeneità della granulometria dei sedimenti (risposta A).

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: Solo nei tratti 0101 e 0204 è stata riscontrata una presenza significativa di materiale legnoso (risposta A).

Vegetazione Fascia Perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: Solo il tratto 0204 presenta un'ampiezza della vegetazione arborea ed arbustiva intermedia (risposta A) mentre il resto dei tratti ha un'estensione elevata (risposta B).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: Lo sviluppo longitudinale della fascia di vegetazione funzionale (arborea, arbustiva ed a idrofite) osservata nei tratti è con buona vegetazione (risposta A per n. 4 tratti) e media (risposta B per n. 6 tratti) a differenza del tratto 0203 con un'estensione lineare delle formazioni funzionali limitata (C).

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.65) per la Categoria “Artificialità” sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono esaminate le risposte.

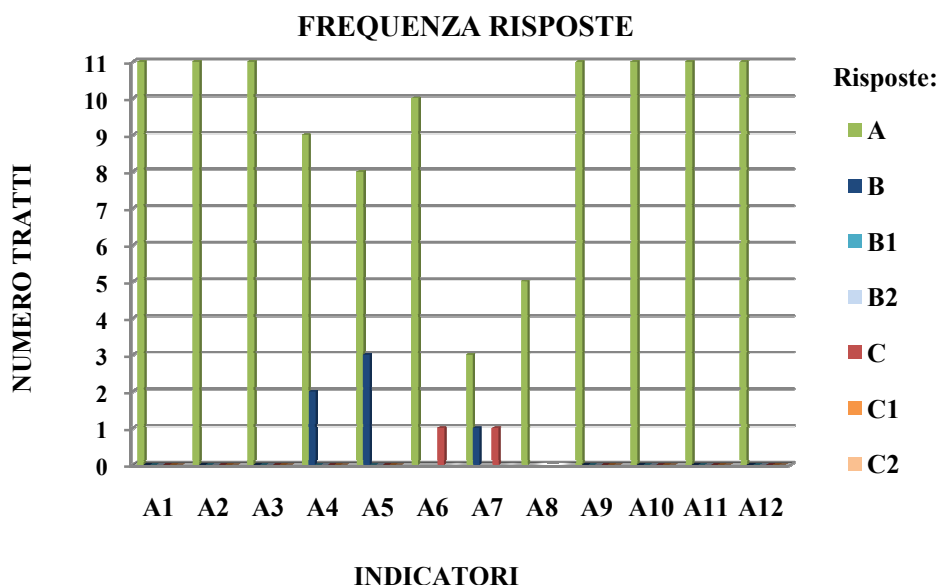


Figura 6.65- Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Vallone Salito - segmento R1909419.

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nel Vallone Salito le opere (quali dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione) che hanno effetti rilevanti sulla continuità delle portate liquide è abbastanza limitata, con l'attribuzione della risposta A per tutti i tratti.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Le opere trasversali (dighe, briglie, traverse) rilevate a monte dei tratti di studio che possono indurre effetti in termini di alterazione del transito di sedimenti sono trascurabili con l'attribuzione della risposta A per tutti i tratti.

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: L'indicatore, analogo al precedente A1, si riferisce alle opere presenti nel tratto. In tutti i tratti non sono state rilevate opere di questa tipologia (risposta A).

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Su questo indicatore nella generalità dei tratti esaminati non esistono opere di intercettazione delle portate solide (risposta A), nei tratti 0301 e 0401 sono state considerate tali opere con densità abbastanza bassa (risposta B).

A5 - Opere di attraversamento: Nella gran parte dei tratti si è rilevata assenza di opere di attraversamento (risposta A) mentre nei tratti 0102, 0302 e 0402 è stata rilevata la presenza di opere di attraversamento in media di n. 1 ogni 1.000 metri (risposta B).

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: Per n. 10 tratti non si rilevano difese di sponda apprezzabili (risposta A). Nel tratto 0402 alcune difese di sponda in terra battuta ed altre opere alterano la mobilità laterale (risposta C).

A7 - Arginature: L'indicatore non è stato adoperato per i tratti confinati. Per la gran parte dei tratti si è rilevata la presenza localizzata di argini vicini (risposta A), nel tratto 0401 è stata valutata la presenza di argini vicini per lunghezza maggiore del 10% del totale delle sponde (risposta B) e nel tratto 0402 questa presenza ha superato il 50% (risposta C).

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: In tutti i tratti valutati è stata ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali in passato (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: Non si rileva la presenza di tali opere nei tratti, si attribuisce la risposta A.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Non si hanno evidenze certe di rimozione di sedimenti, si è attribuito la risposta A per tutti i tratti.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Si rileva assenza di rimozione di materiale legnoso in tutti i tratti con attribuzione della risposta A.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Nel segmento si è rilevata un'assenza di tagli di vegetazione in tutti i tratti (risposta A).

Variazioni Morfologiche

La Categoria sarà oggetto di analisi e rappresentazione grafica nella valutazione della dinamica morfologica poiché comune tra le due sottofasi. Si è valutata l'esistenza e l'intensità di una variazione morfologica dell'alveo sotto l'aspetto della configurazione e della larghezza. In questa parte si espongono pertanto le risposte attribuite per i tratti Semi confinati e Non confinati del segmento che sono stati oggetto di valutazione, pur aventi larghezze inferiori ai 30 metri.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 3 tratti è stata assegnata la risposta A per nessuna variazione morfologica tra gli anni '50 e l'attualità. Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta B per variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue rispetto agli anni '50.

V2 - Variazioni di larghezza: Si è valutata la risposta B su n. 2 tratti, essendosi osservato un restringimento moderato rispetto agli anni '50. Il tratto 0402 è caratterizzato da un allargamento intenso maggiore del 35%, è stata assegnata la risposta C. Solo il tratto 0303 non presenta variazioni di larghezza rispetto agli anni '50 (risposta A).

V3 - Variazioni altimetriche: Non è valutato in mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione della qualità morfologica del segmento R1909419 sono riportati in Figura 6.66. Dall'analisi dei valori dello IAM e dell'IQM si può affermare che, sotto l'aspetto idromorfologico, la quasi totalità dei tratti sono classificati con un IQM elevato. Per il tratto 0401 la classificazione è equivalente a buono, il 0402 è classificato con un IQM scarso. Per il segmento è stato valutato, con media ponderata, un IQM globale pari a 0.86 (IAM=0.14) che ha consentito di valutarlo con classe di qualità morfologica pari a "elevato".

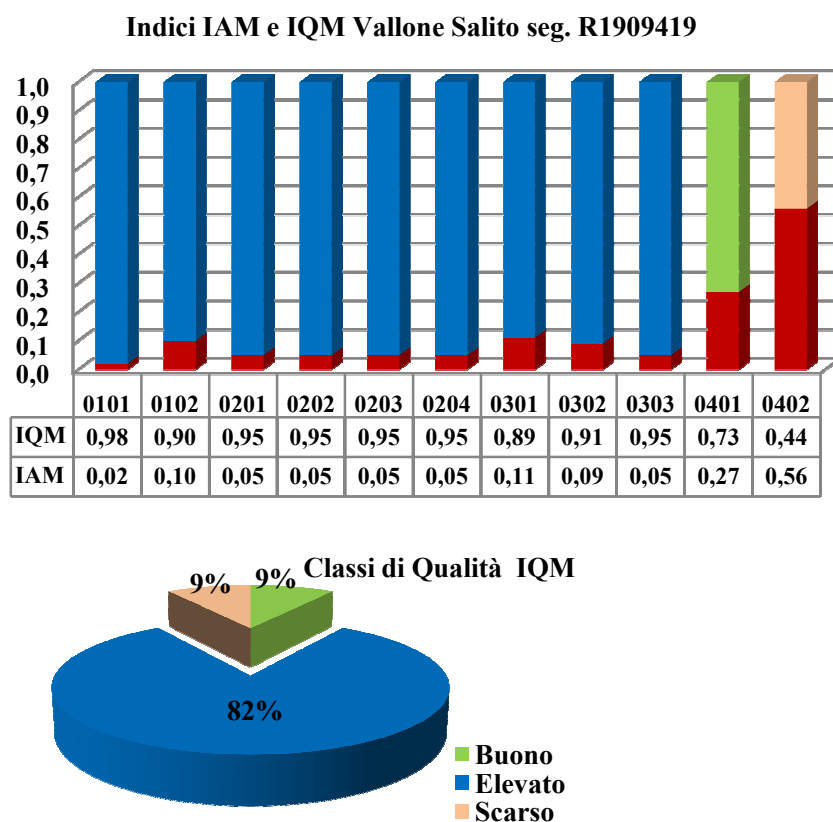


Figura 6.66 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico delle classi di qualità morfologica per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione delle variazioni di dinamica morfologica sono state impiegate le schede predisposte dal sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi sono stati ottenuti il punteggio ed il valore dell'IDM per ogni tratto e per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e l'ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del Vallone Salito oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.67) sono rappresentate le risposte attribuite per i tratti. Le risposte attribuite per i tratti del segmento sono analizzate di seguito in dettaglio.

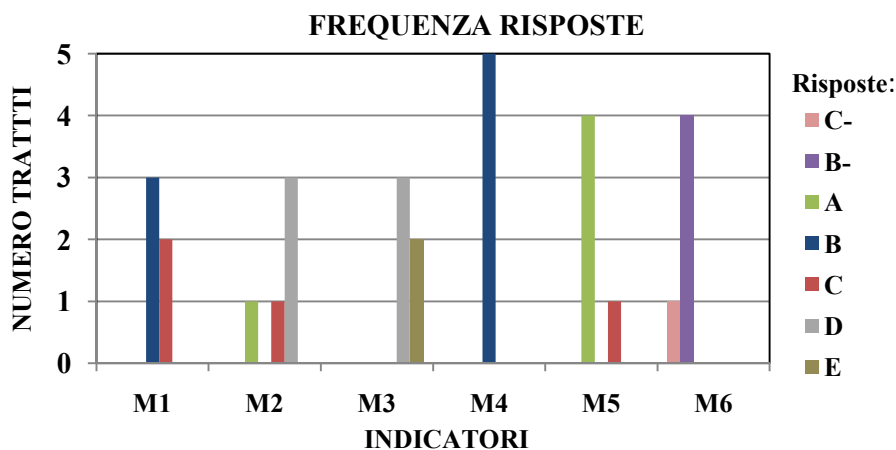


Figura 6.67 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Vallone Salito (segmento R1909419).

M1 - Tipologia d'alveo: Per n. 3 tratti la configurazione morfologica è associata a condizioni di bassa energia e basso trasporto al fondo per la tipologia sinuosa e meandriforme (risposta B). Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta C per la configurazione morfologica associata a condizioni di media energia.

M2 - Erodibilità delle sponde: Le sponde sono state considerate non coesive, tipiche di alvei di aree pedemontane e di pianura medio – alta costituite da materiale granulare grossolano. Per n. 3 tratti è stata assegnata la risposta D per le sponde non protette su una lunghezza delle sponde $\leq 90\%$ del totale. Per n. 1 tratto è stata attribuita la risposta A perché le sponde non coperte da vegetazione hanno lunghezza $\leq 10\%$, mentre per n. 1 tratto è stata valutata una lunghezza di sponde non erodibili $\leq 66\%$.

M3 - Erodibilità del fondo: Si è attribuita per n. 3 tratti la risposta D per “fondo molto erodibile”, fondo non protetto da elementi artificiali o naturali per una lunghezza tra il 66% e il 90% della lunghezza totale del tratto. Per n. 2 tratti si è data la risposta E per la presenza di fondo alluvionale erodibile, lunghezza $> 90\%$ della lunghezza totale del tratto.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: L'intero segmento è stato valutato con lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ per tassi di arretramento trascurabili (risposta B).

M5 - Tendenze di larghezza: Si è riscontrata generalmente un'assenza di variazioni o comunque una tendenza di larghezza trascurabile per n. 4 tratti (risposta A), solo nel tratto 0301 si è rilevata una forte tendenza all'allargamento per un aumento di larghezza $>10\%$ (risposta C).

M6 - Tendenze altimetriche: Sono state attribuite le risposte B- per n. 4 tratti in quanto presentavano condizioni di lieve incisione, per n. 1 tratto si è assegnata la risposta C- essendo state rilevate evidenze di incisione prevalenti e diffuse lungo il tratto.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.68) sono raffigurate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono analizzate nel dettaglio le risposte attribuite al segmento.

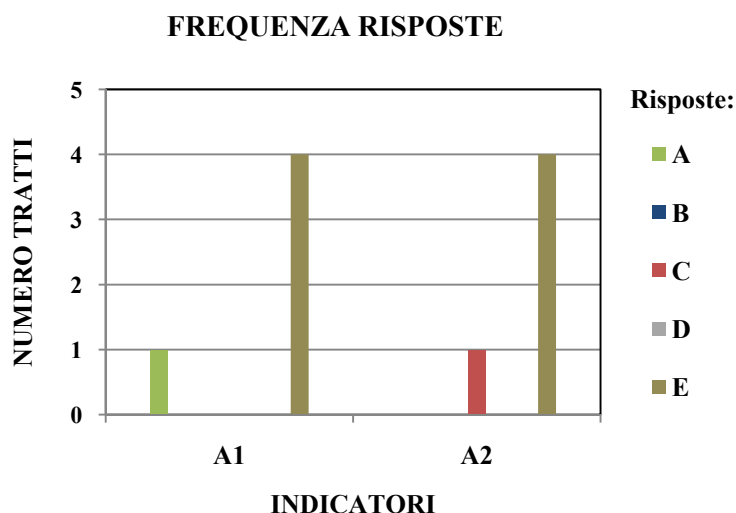


Figura 6.68 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Vallone Salito (segmento R1909419).

A1 - Difese di sponda: Per n. 4 tratti del segmento è stata assegnata la risposta E per assenza di difese di sponda, per il tratto 0402 è stata attribuita la risposta A per le opere di difese spondale rilevate per quasi la sua totalità.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Dalle osservazioni effettuate, per n. 4 tratti non si è rilevata la presenza di opere (risposta E). Per il tratto 0402 è stata attribuita la risposta C, considerato che all’estremità di valle si riscontra una traversa di derivazione nell’innesto con il Fiume Dittaino.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell’IQM. Nella scheda per la valutazione della Dinamica morfologica sono state introdotte alcune precisazioni e limiti specifici di classificazione. Di seguito (Fig. 6.69) si riporta un istogramma delle risposte.

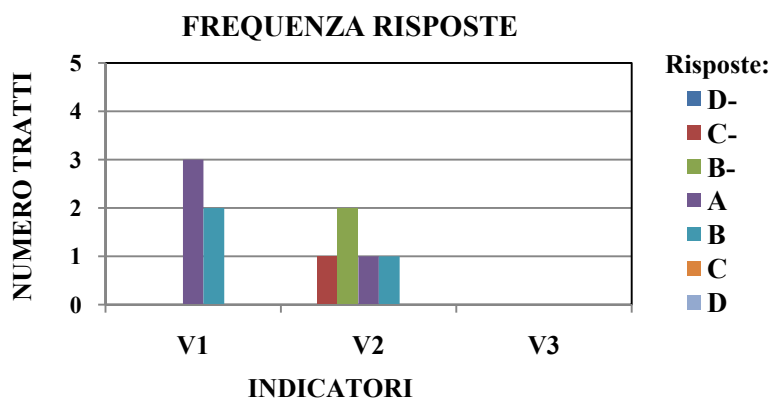


Figura 6.69 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Vallone Salito (segmento R1909419)

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Su n. 2 tratti, variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue rispetto agli anni '50 (risposta B). Su n. 3 tratti variazione morfologica nulla (risposta A)

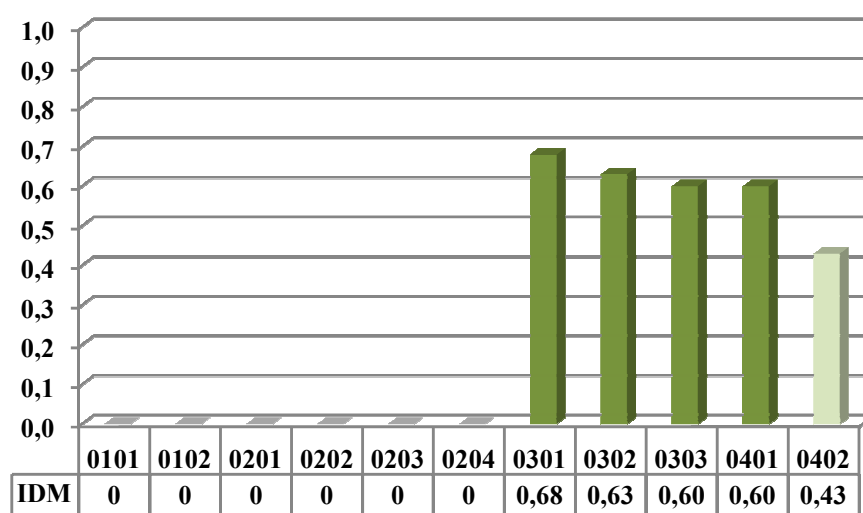
V2 - Variazioni di larghezza: Per restringimento moderato rispetto agli anni '50 risposta B- su n. 2 tratti. Il tratto 0302 presenta un allargamento moderato fra il 15 % e il 35% (risposta B). Il tratto 0402 presenta un allargamento maggiore del 35%, (risposta C-). Il tratto 0303 non ha variazioni di larghezza (risposta A).

V3 - Variazioni altimetriche: Non è valutato, si esclude dal conteggio finale in mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma (Fig. 6.70), per visualizzare le valutazioni generali dei tratti esaminati, è riportata una raffigurazione dei punteggi conseguiti. Inoltre nel grafico a torta si rappresentano delle classi di qualità ottenute. Dalle raffigurazioni è possibile osservare che sotto l'aspetto della dinamica morfologica la quasi totalità dei tratti può essere classificato con un IDM elevato, solo per il tratto 0402 la classificazione è equivalente a media.

Indici IDM Vallone Salito seg. R1909419



Classi di Qualità IDM

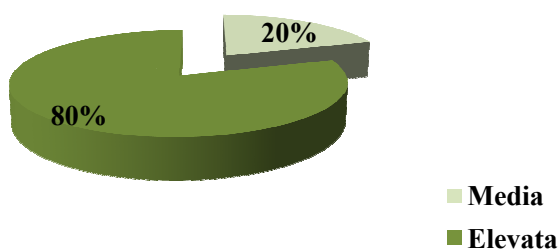


Figura 6.70 - Iistogramma e Grafico delle classi di qualità IDM per il Vallone Salito (segmento R1909419).

6.1.6 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) - Fiume Dittaino (Cod. segmento R 1909418)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

Il segmento R1909418 del fiume Dittaino inizia dal punto di incontro tra la confluenza del Vallone Salito fino alla confluenza con il Vallone della Tenutella (Fig. 6.71). In seguito troviamo gli altri segmenti in cui il fiume Dittaino è stato suddiviso. Il primo tratto codificato dalla procedura è sito a valle della traversa di derivazione delle acque verso la diga dell'Ogliastro. L'analisi e la valutazione del segmento sono state facilitate dall'accessibilità dei luoghi.



Figura 6.71 -Immagine segmento R1909418 del Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati riguardanti lo STEP 1 sono riprodotti nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Nello STEP sono state identificate le unità fisiografiche percorse dal corso d’acqua. Il segmento, posto in ambito fisiografico di pianura (P), rientra nella tipologia di unità fisiografiche “pianura di fondovalle” (Pfm). Le altre indicazioni definite per ciascuno dei tratti sono l’area di drenaggio sottesa e la pendenza media, riportata nella scheda di rilevamento (Fig. 6.72) .

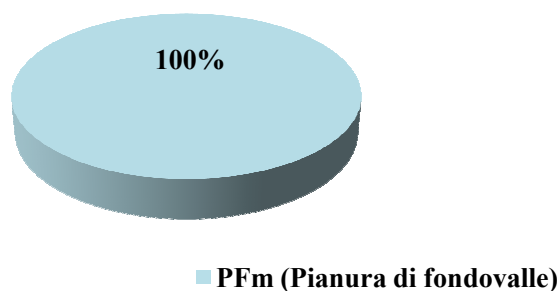


Figura 6.72 – Unità fisiografiche del Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Nello STEP 2 sono state definite le classi di confinamento, che scaturiscono dalla comparazione del grado di confinamento e degli indici di confinamento su ogni tratto. I dati conseguiti possono essere osservati nella Tabella 6.1 al punto 2, “Confinamento”, nella Fig. 6.73 sono rappresentate le classi di confinamento ottenute.

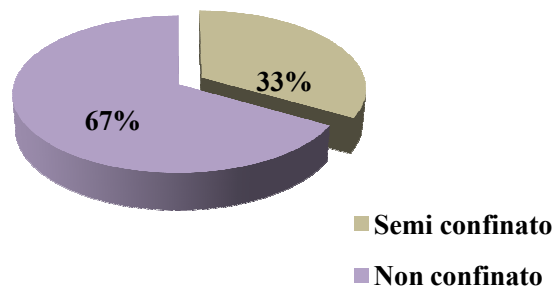


Figura 6.73- Classi di confinamento del Fiume Dittaino (segmento 1909418).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è determinata dall'*Indice di sinuosità*, dall'*Indice di intrecciamento* e dal'*Indice di anastomizzazione*, i cui dati sono riportati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Sono stati classificati n. 1 tratto del segmento (Fig. 6.74) come Sinuoso (S) e n. 2 tratti alla tipologia Meandriforme (M). Sono inoltre rappresentate la configurazione del fondo prevalente, a Letto Piano (LP), la pendenza media dei tratti (0.3 % - 0,5 %). Altre informazioni riguardano i sedimenti dominanti in alveo, Argille (A) per tutti i tratti.

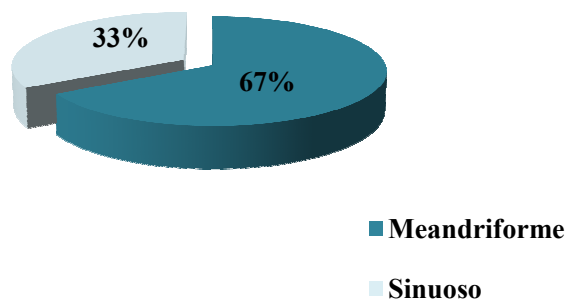


Figura 6.74 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino (segmento 1909418).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti abbastanza omogenei per caratteri morfologici del segmento. I risultati della fase 1 di applicazione, hanno portato alla suddivisione del segmento codificato con R 1909418 in n. 3 tratti. Nelle generalità sono riportate inoltre la lunghezza di ciascun tratto e quella totale rilevata per il segmento osservato che è di 22.793 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 7.597 metri.



Figura 6.75 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909418).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nel segmento, dove i tratti sono tutti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.75 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza dei tratti del segmento esaminati, pari a 22.793 metri. Si osserva come il Fiume Dittaino rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 44,00%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 56,00% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

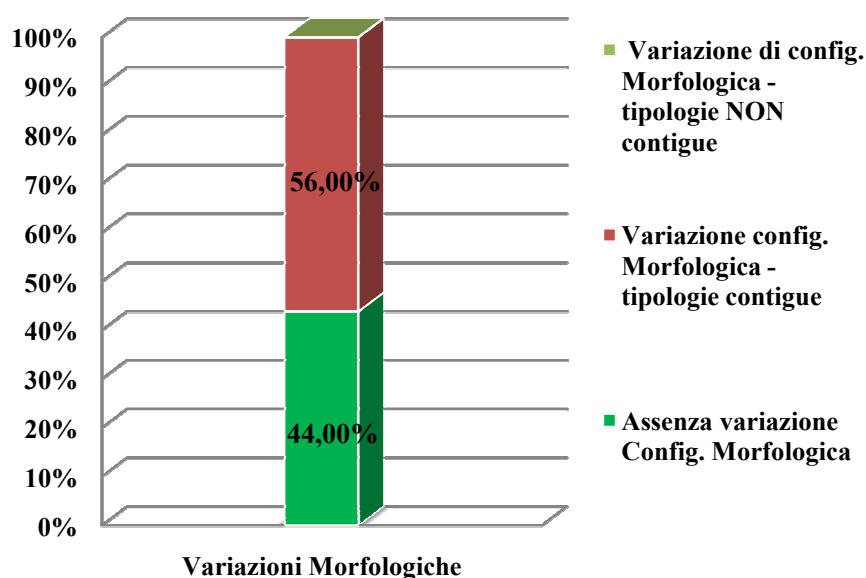


Figura 6.76 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, si è valutato un restringimento dell'alveo intenso pari a 30,00% della sua lunghezza e un allargamento moderato per il 70,00%. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari al 26,50%, mentre il resto è rimasto invariato. I risultati sono rappresentati in Fig. 6.76.

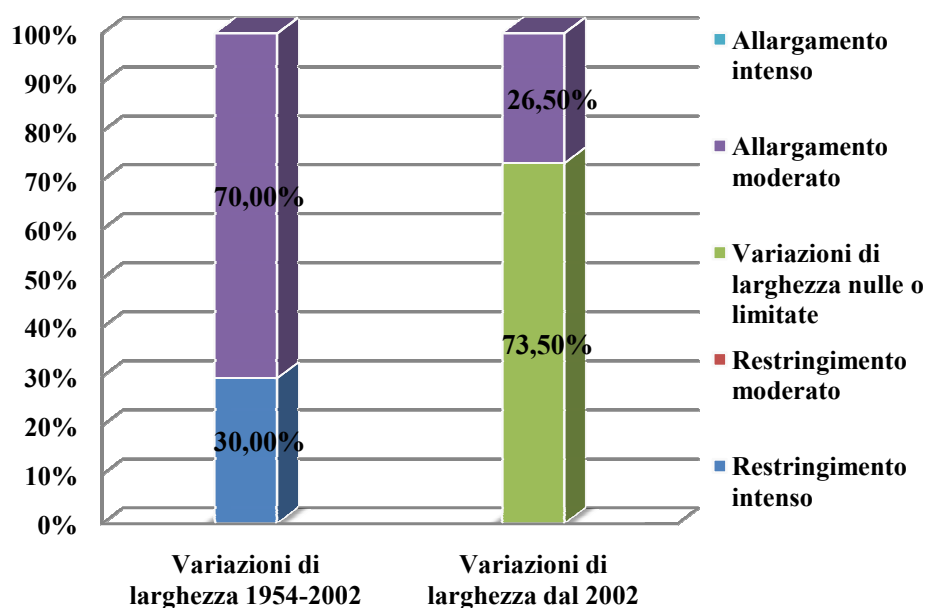


Figura 6.77 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione e riguardanti “La valutazione della qualità morfologica”. L’analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito sono stati approfonditi le analisi e i risultati ottenuti nei tratti oggetto di valutazione, con il conseguimento dell’Indice di Qualità Morfologica.

Funzionalità Geomorfologica

Nell’istogramma delle risposte (Fig. 6.78) sono riportate le valutazioni dei tratti per quanto riguarda la parte delle schede di rilevamento che si riferiscono alla Categoria “Funzionalità Geomorfologica”. Di seguito sono descritte le risposte assegnate per i tratti del segmento.

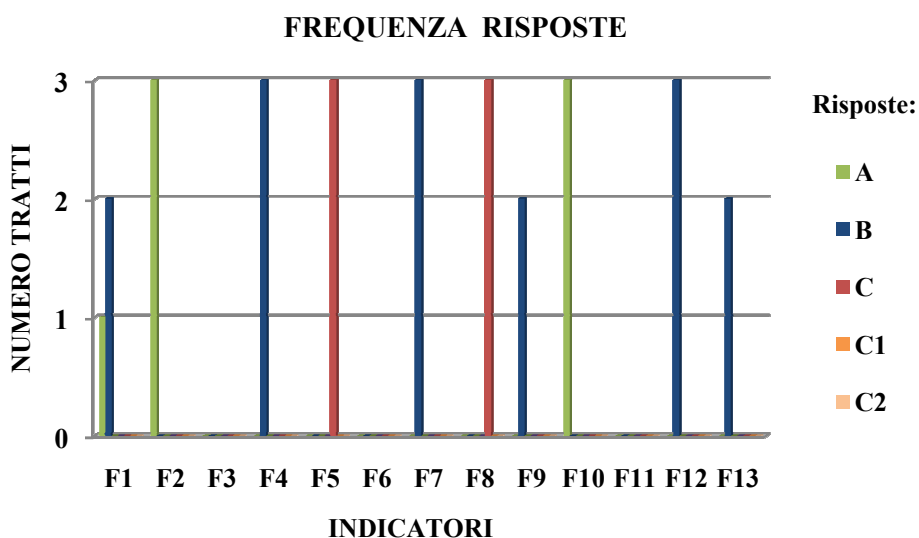


Figura 6.78 - Istogramma delle risposte per le Funzionalità geomorfologiche Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: In tutti i tratti le risposte (A n. 1 tratto e B n. 2 tratti) provano una continuità delle portate solide poco alterata da opere antropiche in grado di intercettarne o bloccarne il libero flusso.

F2 - Presenza di piana inondabile: L'estensione e la continuità di una superficie morfologica naturale con i requisiti di pianura inondabile, ha consentito di attribuire la risposta A su tutti i 3 tratti

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore si applica ad alvei confinati, pertanto non è stato valutato per il segmento.

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Nei tratti esaminati le sponde in arretramento sono poco frequenti, risposta pari a B.

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: I tratti osservati sono modificati per tutti i 3 casi, si è attribuita l'esistenza di una fascia erodibile di scarsa continuità e quindi alterata (risposta C).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: L'indicatore non è stato valutato perché riguarda alvei confinati a canale singolo.

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Le alterazioni della naturale eterogeneità delle forme attese per la tipologia fluviale nei 3 tratti ha una porzione inferiore al 33 % (risposta B).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Questo indicatore è stato applicato a tutti i 3 tratti con risposta pari a C, la valutazione ha considerato la presenza di tracce di forme fluviali non attuali.

F9 - Variabilità della sezione: Non si è applicato al tratto 0101 (privo di barre), nei 2 tratti analizzati si è attribuita la risposta B (alterazioni con variabilità della larghezza della sezione con lunghezza maggiore del 67%).

F10 - Struttura del substrato: La risposta attribuita è stata la A per tutti i 3 tratti, per una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti.

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non è stato valutato per assenza naturale di vegetazione perifluviale.

Vegetazione fascia perifluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale: Per tutti i 3 tratti la risposta è B in quanto la vegetazione arbustiva è compresa tra la metà e il doppio della larghezza dell'alveo.

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: I tratti 0102 e 0103 sono stati valutati con risposta B per la presenza di formazioni tra il 33-90% .

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.79) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono descritte le risposte.

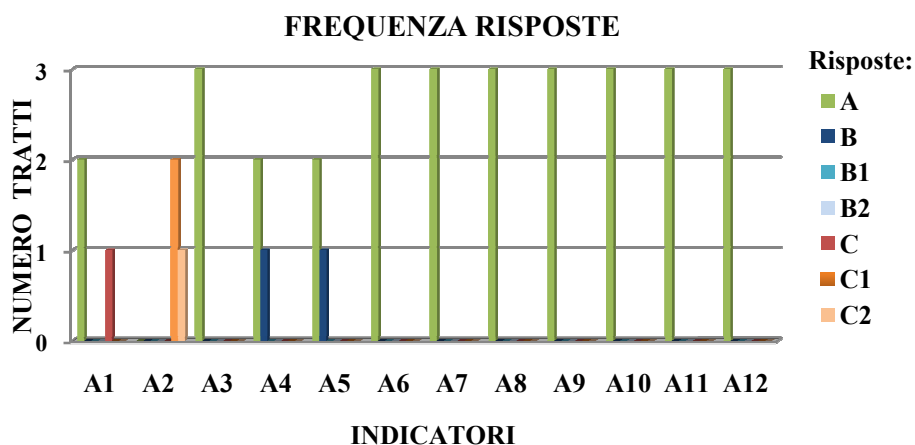


Figura 6.79 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Fiume Dittaino - segmento R1909418.

Opere di alterazione della continuità longitudinale a Monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Il tratto 0101 è stato valutato con risposta C per la presenza di opere di alterazione delle portate liquide, per gli altri due è stata attribuita la risposta A per assenza di opere a monte del tratto che influiscono sul trasporto liquido.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Si è considerata la traversa di derivazione a monte dei tratti che ha effetti rilevanti di alterazione del trasporto solido al fondo. Per il tratto 0101 si è attribuita la risposta C2, per n. 2 tratti si è valutata la risposta pari a C1 in quanto l'area sottesa dall'opera è maggiore del 66% dell'area sottesa dal tratto.

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nei tratti osservati la risposta attribuita è per tutti pari ad A non essendo state rilevate opere di alterazione delle portate liquide.

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Per due dei tratti esaminati la risposta attribuita è stata la A per l'assenza briglie, per n. 1 tratto è stata attribuita la risposta B.

A5 - Opere di attraversamento: La risposta è stata la A per n. 2 tratti per assenza di opere di attraversamento, per n. 1 tratto per la presenza in media di n.1 opera ogni 1.000 metri la risposta è stata pari a B.

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: La quasi totalità dei tratti non ha difese di sponda rilevanti, per tutti i 3 tratti è stata attribuita la risposta A.

A7 - Arginature: In assenza di arginature la risposta attribuita è pari ad A per tutti i 3 tratti.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: Nei n. 3 tratti è stata ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali in passato (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: Nei n. 3 tratti si è attribuita la risposta A per assenza di soglie e rampe.

Interventi di Manutenzione e Prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: La risposta è pari ad A per i tratti analizzati perché non si hanno evidenze certe o notizie di rimozione di sedimenti.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Per assenza di rimozione di materiale legnoso in tutti i tratti, la risposta assegnata è per tutti i tratti A.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perfluviale: Si è evidenziata l'assenza di tagli di vegetazione in tutti i tratti (Risposta A).

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, in questa parte si espongono le risposte attribuite per i tratti costituenti il segmento rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Al tratto 0103 è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Per n. 2 tratti si è attribuita la risposta B perché si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue.

V2 - Variazioni di larghezza: Per n. 2 tratti si rileva un lieve allargamento per cui è stata attribuita la risposta B. Per il tratto 0101 è stato valutato un intenso restringimento per cui è stata attribuita la risposta C.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, non è possibile fornire delle risposte attendibili pertanto non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione dello stato attuale del segmento R1909418 sono riportati in Figura 6.81. Dall'analisi dei valori dello IAM e l'IQM si può affermare che, sotto l'aspetto idromorfologico, i tratti sono classificati con un IQM per il 67% moderato e per il 33% buono. Per il segmento è stato valutato con media ponderata un IQM globale pari a 0,66 (IAM=0.34) che ha consentito di assegnarlo alla classe di qualità morfologica "moderato".

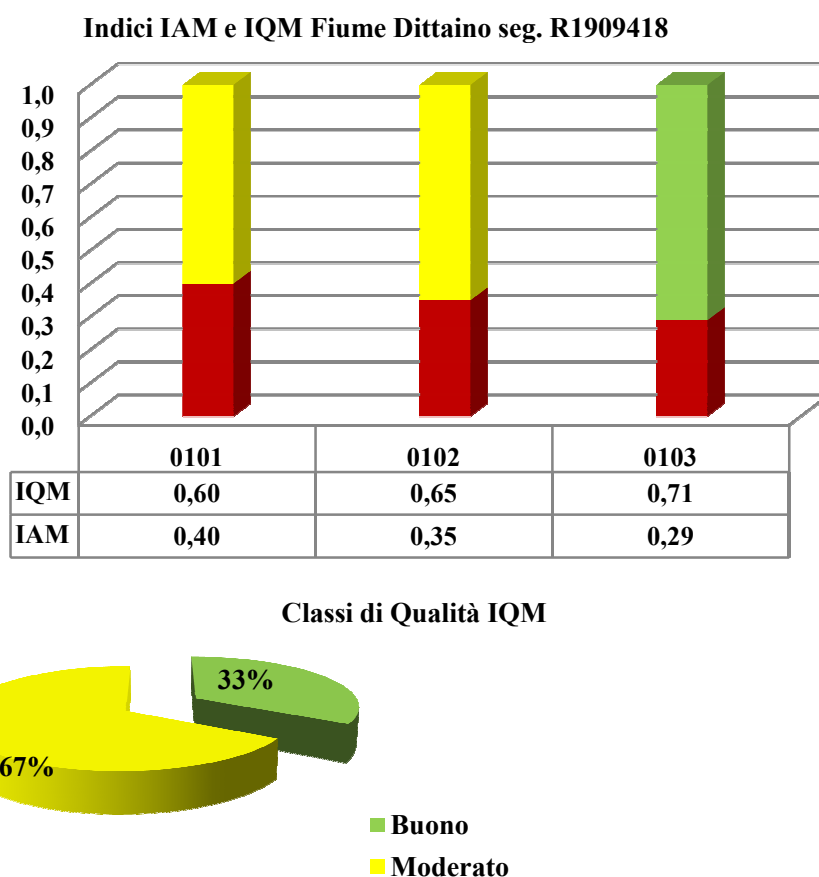


Figura 6.80 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e Grafico delle classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione della dinamica morfologica sono state utilizzate le schede predisposte per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi si è ottenuto il punteggio ed il valore dell'IDM per ogni tratto e per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e il successivo ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del torrente del Fiume Dittaino, tratto R1909418 oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.81) sono raffigurate le risposte assegnate per i tratti del segmento. Le risposte attribuite sono di seguito analizzate in dettaglio.

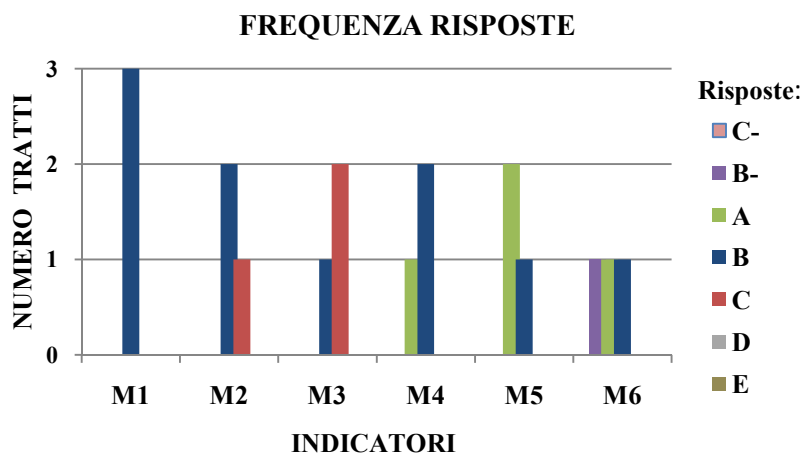


Figura 6.81 - Istogramma risposte attribuite su Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

M1 - Tipologia d'alveo: La configurazione morfologica rilevata per i tre tratti è associata a condizioni di bassa energia e basso trasporto al fondo per la tipologia morfologica sinuosa o meandriforme (Risposta B).

M2 - Erodibilità delle sponde: Sono state considerate sponde non coesive, tipiche di alvei di aree pedemontane e di pianura medio – alta, con materiale granulare grossolano. Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta B per sponde alluvionali erodibili per una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde. Al tratto 0101, si è attribuita la risposta C per le sponde alluvionali erodibili con lunghezza $\leq 66\%$ della lunghezza totale delle sponde.

M3 - Erodibilità del fondo: Si è valutata per n. 1 tratto la risposta B per la presenza di fondo alluvionale completamente erodibile per una lunghezza tra il 10% e il 33% della lunghezza totale, mentre per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta C per la presenza di fondo alluvionale completamente erodibile per una lunghezza compresa tra il 33% e il 66% della lunghezza totale del tratto.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Per n. 1 tratto è stata assegnata la risposta A, per completa assenza di sponde in arretramento, per altri n. 2 tratti è stata attribuita una lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ per tassi di arretramento trascurabili (risposta B).

M5 - Tendenze di larghezza: Su n. 2 tratti è stata riscontrata assenza di variazioni o tendenza di larghezza trascurabile, risposta A. Nel tratto 0102 si è assegnata la B+ per tendenza non trascurabile all'allargamento.

M6 - Tendenze altimetriche: Per il tratto 0101 si è attribuita la risposta A per le valutate condizioni di equilibrio. Per il tratto 0102 è stata attribuita la risposta B- per condizioni di lieve incisioni rilevate. Infine, per il tratto 0103, si è valutata la risposta B+ per una tendenza all'allargamento non trascurabile, con riduzione di larghezza $\leq 10\%$.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.82) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono approfondite le singole risposte attribuite al segmento.

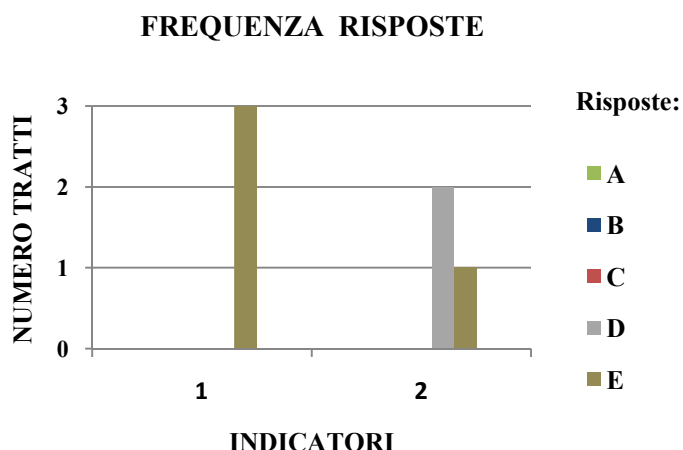


Figura 6.82 - Iistogramma attribuzione classi di Artificialità per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

A1 - Difese di sponda: La risposta assegnata per tutti i tratti è stata la E per assenza di difese di sponda.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Su n. 2 tratti è stata osservata la presenza di briglie con densità relativamente bassa su alvei a pendenza medio - bassa, con l’attribuzione della risposta D. Per n. 1 tratto, si è attribuita la risposta E per assenza o presenza localizzata di rivestimenti ($\leq 5\%$ della lunghezza del tratto) e assenza totale di altre opere (soglie, rampe, briglie, traverse).

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente alla valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell'IQM. Nella scheda per la valutazione della Dinamica Morfologica sono state introdotte nuove precisazioni e limiti di classificazione. In Figura 6.83 si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate, con l'analisi delle singole risposte attribuite ad ogni tratto.

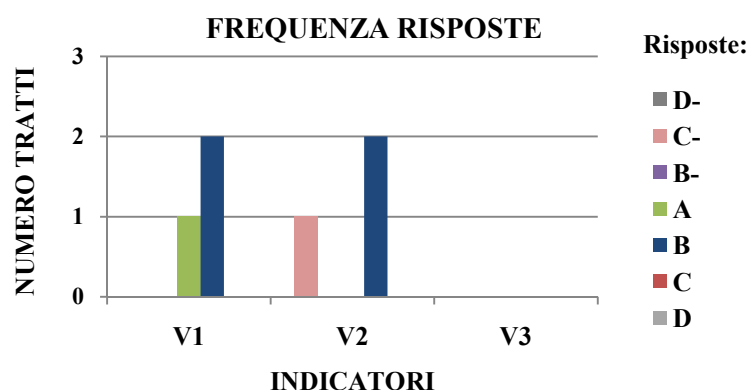


Figura 6.83- Istogramma attribuzione classi di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per il tratto 0103 è stata attribuita la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta B per variazione morfologica tra tipologie contigue.

V2 - Variazioni di larghezza: Su n. 2 tratti si osserva un allargamento moderato per cui è stata assegnata la risposta B+. Per il tratto 0101 è stato valutato un restringimento intenso ($> 35\%$), attribuendo la risposta C-.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, tale indicatore non viene valutato e si esclude quindi dal conteggio finale.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma (Fig. 6.84), al fine di visualizzare le valutazioni generali dei tratti analizzati è riportata una raffigurazione dei punteggi conseguiti sulle classi di dinamica morfologica. Inoltre, si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove il 100% dei tratti ha ottenuto un IDM medio.

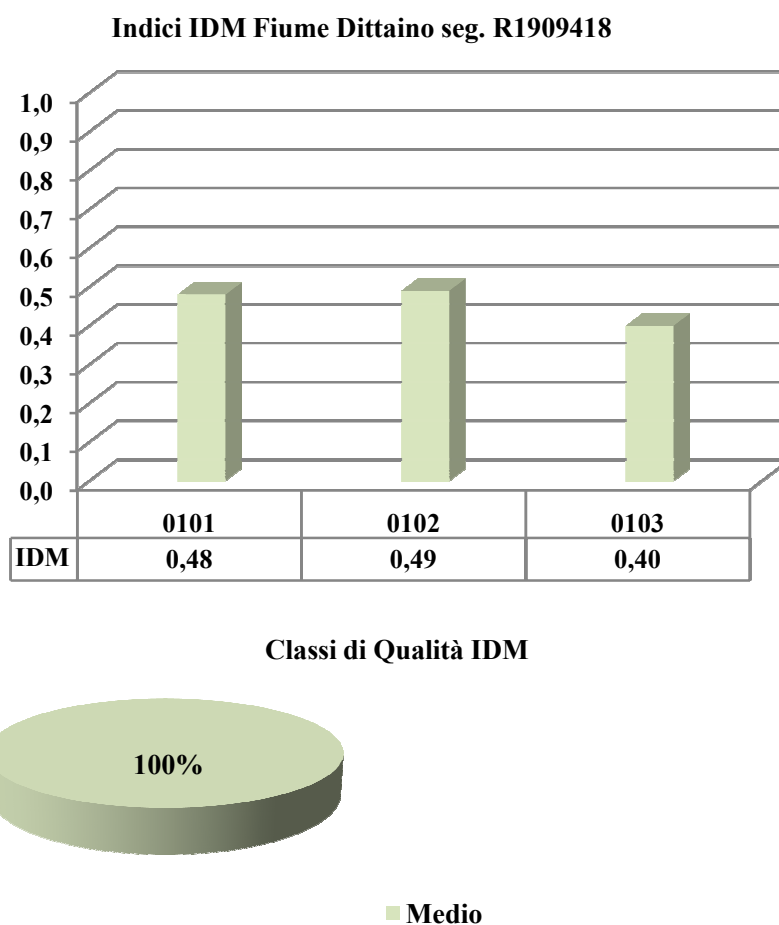


Figura 6.84- Istogramma e grafico delle classi di qualità dell'Indice di Dinamica Morfologica per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

6.1.7 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Vallone della Tenutella (Cod. segmento R 1909417)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino del Simeto è stato illustrato in precedenza. Il Vallone Tenutella è collocato nel bacino del Simeto, sottobacino Dittaino. Il segmento R1909417 ha origine nella parte sud del comune di Regalbuto e si ricollega a valle quale affluente con il Fiume Dittaino (Fig. 6.85).

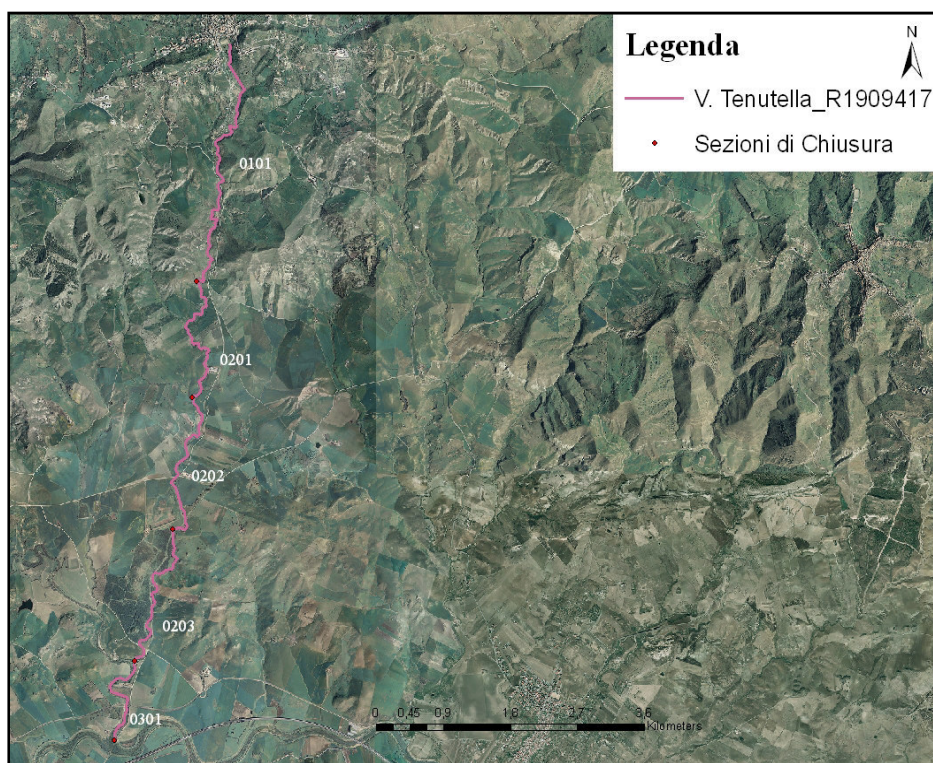


Figura 6.85 – Immagine segmento R1909417 Vallone della Tenutella e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati dello STEP 1 sono riprodotti nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Nello STEP sono state determinate le unità fisiografiche interessate dal corso d’acqua. Il segmento è situato in ambito fisiografico collinare montano (CM) e di pianura (P) e rientra nelle unità fisiografiche Colline Argillose (Cam) per n. 4 tratti e Pianura di Fondovalle (Pfm) per n. 1 tratto (Fig. 6.86). Altre informazioni definite per ognuno dei tratti sono l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media.

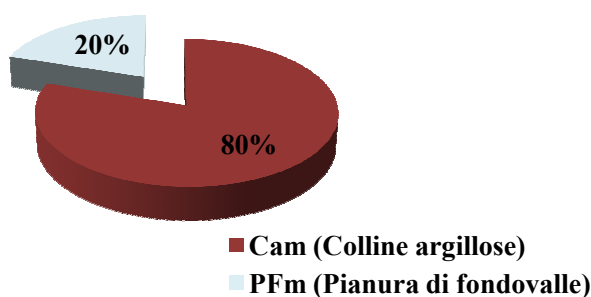


Tabella 6.86 - Unità fisiografiche Vallone della Tenutella (segmento R 1909417)

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Lo STEP 2 prevede l’assegnazione alle classi di confinamento, che provengono dalla comparazione del grado di confinamento e degli indici di confinamento. I dati ottenuti si possono osservare nella Tabella 6.1 al punto 2 “Confinamento”, nel grafico (Fig. 6.87) sono raffigurate le classi di confinamento conseguite. Dai dati ottenuti è possibile applicare l’indice IDM solo a n.1 tratto Semiconfinato.

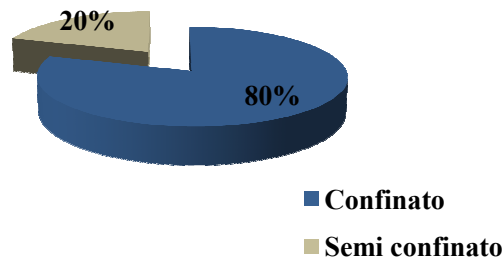


Figura 6.87- Classi di confinamento del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è determinata dall'*Indice di sinuosità*, dall'*Indice di intrecciamento* e dall'*Indice di anastomizzazione*, rappresentati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo", che hanno permesso di classificare n. 4 tratti del segmento come Canale singolo (CS) e n. 1 tratto alla tipologia Meandriforme (M) come indicato nel grafico (Fig. 6.88). Inoltre sono stati riportati la configurazione del fondo prevalente, (Letto Piano- LP) e la pendenza dei tratti che assume valori che variano tra il 4.9 % e lo 0,5 %. tra il primo e l'ultimo tratto. Altre informazioni hanno riguardato i sedimenti prevalenti in alveo, Ciottoli (C) e Ghiaie (G).

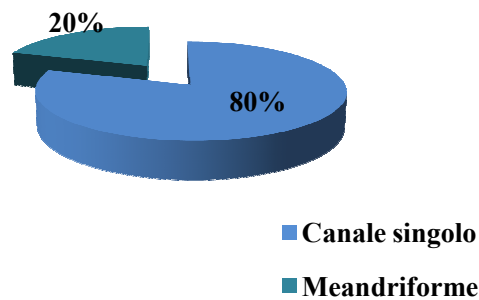


Figura 6.88-Tipologie del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo, possono sintetizzarsi pertanto nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909417 in n. 5 tratti. Le generalità riportate riguardano la lunghezza di ciascun tratto e quella totale rilevata per il segmento osservato che è di 13.017 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 2.603 metri.



Figura 6.89 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nell'unico tratto semi confinato del segmento. Nella Figura 6.89 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza esaminata del tratto, pari a 2.046 metri, dove è possibile osservare come il tratto 0301 del segmento R1909417 ha subito variazione di configurazione morfologica verso tipologia contigua se paragonato agli anni '50.

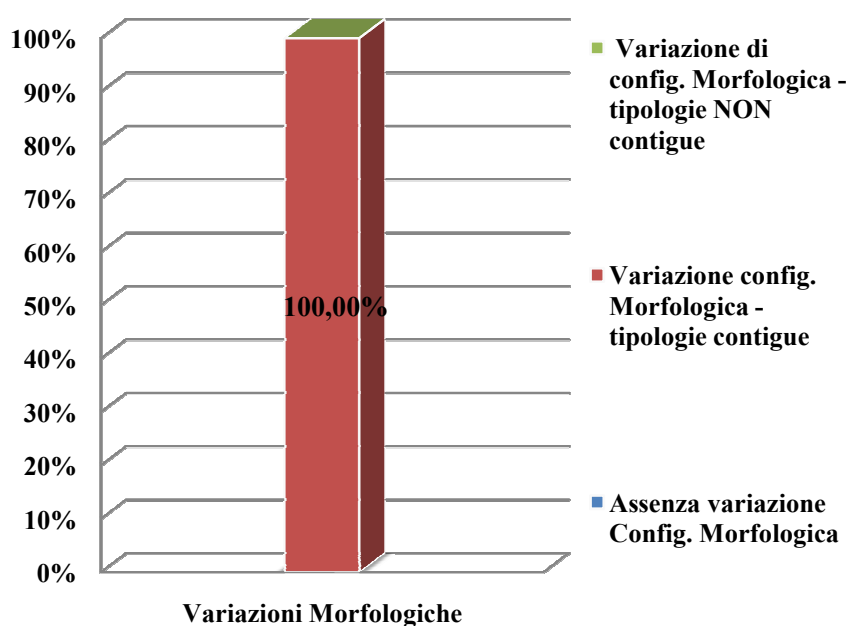


Figura 6.90 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, che non ha avuto nessuna variazione per il tratto 0301 e il periodo dal 2002 a oggi dove si è comunque valutata una tendenza a un restringimento intenso dell'alveo. I risultati sono rappresentati in Figura 6.90.

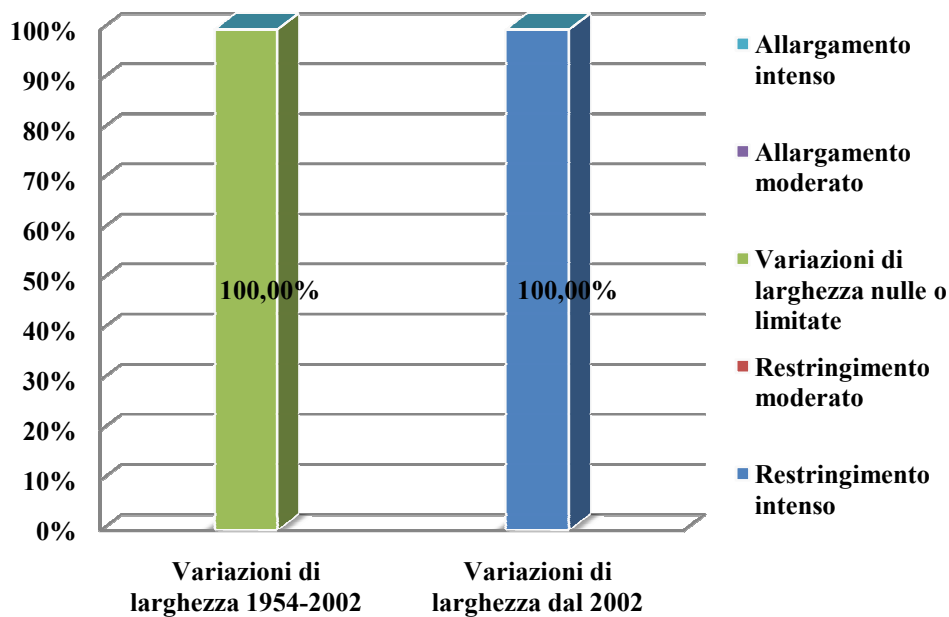


Figura 6.91 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state utilizzate le schede predisposte per il sistema di rilevazione, l'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito sono stati approfonditi le analisi e i risultati ottenuti nei tratti oggetto di valutazione con l'applicazione del Sistema, per il conseguimento dell'Indice di Qualità Morfologica.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.92) sono riportate le valutazioni generali dei tratti per quanto riguarda la parte delle schede di concernente la Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Le risposte assegnate per i tratti del segmento sono analizzate di seguito in dettaglio.

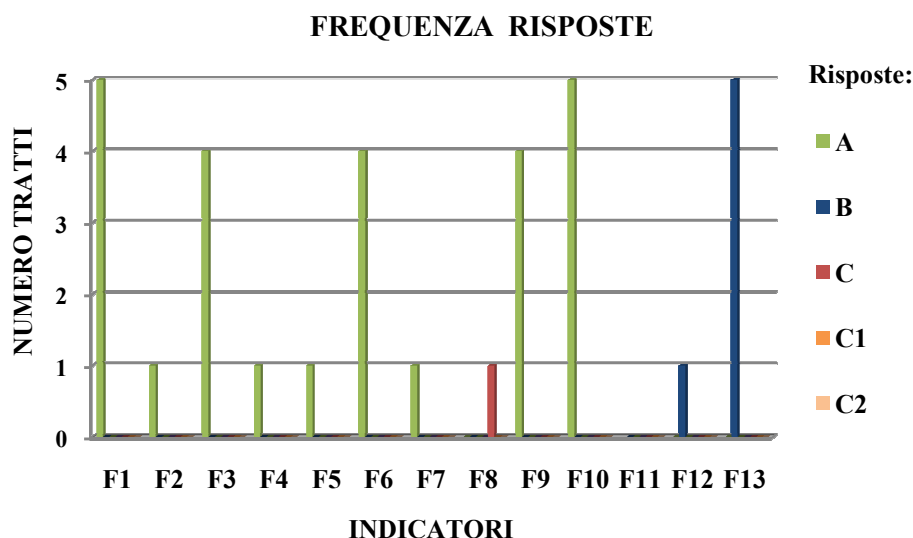


Figura 6.92 - Istogramma delle risposte relative alla Funzionalità geomorfologica del Vallone della Tenutella (segmento R 1909417).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: Nel segmento, osservate alcune opere di difesa, si è valutata una lieve alterazione del flusso di sedimenti e legname (risposta A).

F2 - Presenza di piana inondabile: Il tratto 0301 (SC) presenta una piana inondabile continua maggiore del 66% della sua lunghezza (risposta A).

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L' indicatore è stato valutato per i 4 tratti confinati con un collegamento tra versanti e corridoio fluviale che si estende (<90%) per quasi tutti i tratti (risposta A)

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Tale indicatore è stato valutato solo per il tratto semi confinato 0301 dove si è osservata la presenza di frequenti sponde in arretramento (risposta A).

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: Nel tratto 0301 si è valutata una fascia erodibile ampia e con buona continuità (risposta A).

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: In tutti i tratti confinati sono state rilevate forme di fondo coerenti con la pendenza media della valle (risposta A).

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Per il tratto 0301 è stata rilevata la presenza localizzata di alterazioni della naturale eterogeneità di forme a causa dell'impatto antropico (risposta A).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: La valutazione ha considerato tracce di forme fluviali non attuali tipiche di pianura nei corsi d'acqua meandriiformi, è stato applicato solo al tratto 0301 con risposta C.

F9 - Variabilità della sezione: L'indicatore è stato applicato a tutti i tratti tranne per il 0301 perché privo di barre. La presenza limitata di alterazioni per omogeneità della sezione ha consentito di valutare la risposta A.

F10 - Struttura del substrato: Per una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti si è valutata la risposta A per tutti i 5 tratti.

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non è stato valutato per assenza di vegetazione perfluviale.

Vegetazione fascia perfluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale: Nel tratto 0301 la vegetazione arbustiva è stata stimata tra la metà e il doppio della larghezza dell'alveo (risposta B).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: In tutti i tratti risposta B per formazioni comprese tra il 33-90%

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.93) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono descritte le risposte.

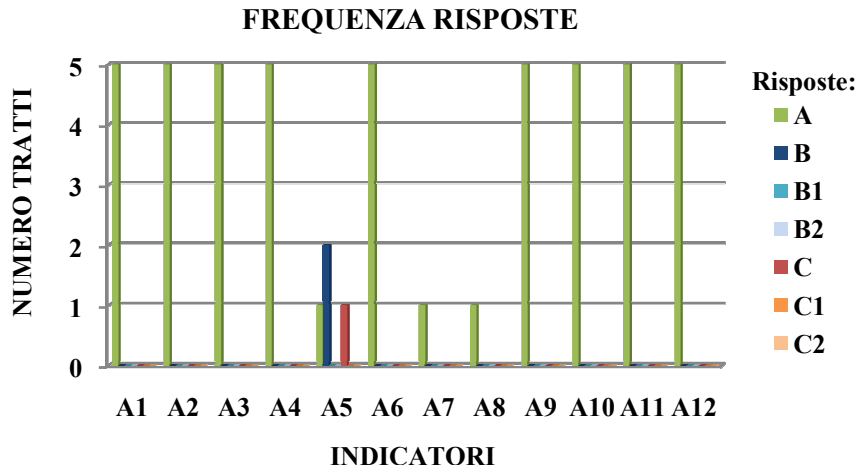


Figura 6.93 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Vallone della Tenutella (segmento R 1909417).

Opere di alterazione della continuità longitudinale a Monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nel segmento non sono presenti opere di alterazione delle portate liquide, per la totalità dei tratti si è valutata la risposta A.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Non sono state rilevate a monte dei tratti di analisi opere con effetti parziali per alterazione del trasporto solido al fondo, la totalità delle valutazioni ha avuto risposta A.

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nei 5 tratti osservati non sono state rilevate opere di alterazione delle portate liquide (risposta A).

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Nessuna opera di alterazione delle portate solide sui tratti (risposta A).

A5 - Opere di attraversamento: Il segmento presenta opere di attraversamento con risposta A per n. 1 tratto, risposta B per n. 2 tratti, il tratto 0201 presenta in media più di n. 1 opera ogni 1.000 metri (risposta C).

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: La totalità dei tratti ha difese di sponda localizzate per una lunghezza inferiore al 5% delle sponde (risposta A).

A7 - Arginature: L'indice è stato valutato solo per il tratto 0301, dove l'assenza di arginature ha determinato la valutazione della risposta A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: L'indicatore è stato valutato solo per il tratto 0301, dove è stata ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali (risposta A).

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: I tratti esaminati presentano assenza di soglie e rampe con la totalità delle valutazioni con risposta A.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Non si hanno nozioni o evidenze certe di attività di rimozione di sedimenti per i tratti analizzati per cui la risposta è stata pari ad A.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Non si hanno nozioni o evidenze certe di attività di rimozione di materiale legnoso nel segmento, per cui la risposta attribuita è stata la A per tutti i tratti.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Nel segmento non si hanno nozioni o evidenze certe di tagli di vegetazione, per cui la risposta attribuita è per tutti i tratti A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, sarà oggetto di una più attenta analisi nella valutazione della dinamica morfologica e di una rappresentazione grafica, si espongono pertanto le risposte attribuite al tratto 0301 che è stato l'unico a essere stato valutato, gli altri tratti erano tutti confinati e con larghezza dell'alveo inferiore ai 30 metri.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per il tratto 0301 è stata assegnata la risposta B per variazione di configurazione morfologica rispetto agli anni '50.

V2 - Variazioni di larghezza: Non si è valutata alcuna variazione di larghezza per il tratto 0301 (risposta A).

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, non è valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione dello stato morfologico del segmento R1909417 sono riportati in Figura 6.94. Dall'analisi degli stessi si può osservare come lo IAM e l'IQM consentano di affermare che, sotto l'aspetto idromorfologico, i tratti sono classificati con un IQM per il 100% Elevato. Per il segmento è stato poi valutato con media ponderata un IQM globale il cui risultato pari a 0.97 (IAM=0.03) ha permesso di valutarlo nel complesso con una classe di qualità morfologica pari a elevato.

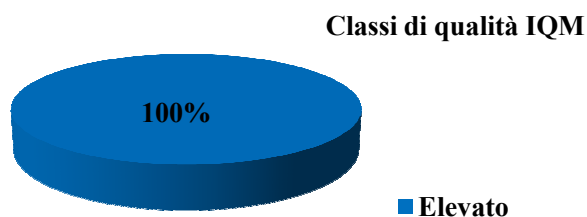
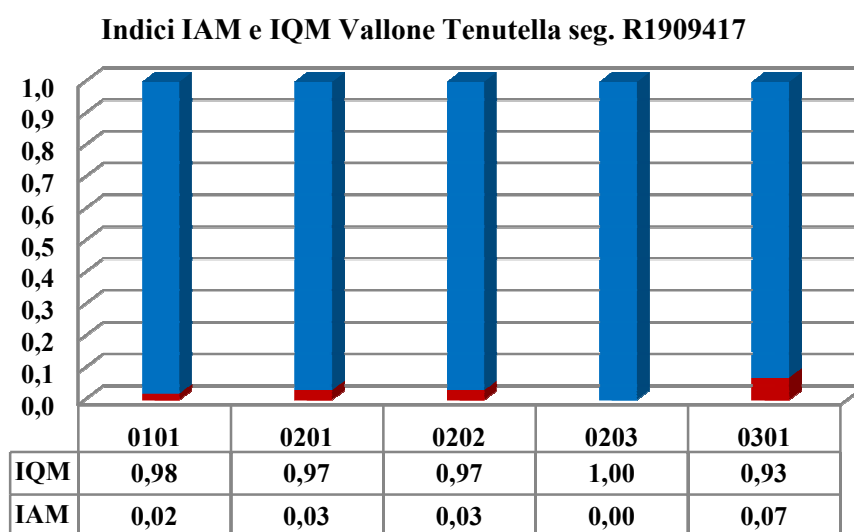


Figura 6.94- Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico delle classi di qualità morfologica del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione della dinamica morfologica sono state utilizzate le schede predisposte per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi effettuata si è ottenuto il punteggio ed il valore dell'IDM. Si precisa che per il segmento è stato valutato solo il tratto 0301 poiché la quasi totalità dei tratti esaminati presentava alvei confinati. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e l'ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nel tratto del Vallone della Tenutella oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Di seguito sono analizzate in dettaglio le risposte attribuite per il tratto esaminato.

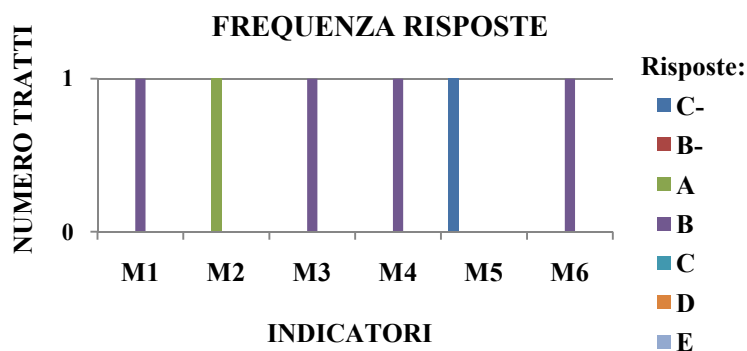


Figura 6.95 - Istogramma valori di Morfologia e Processi del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

M1 - Tipologia d'alveo: La configurazione morfologica del tratto analizzato è associata a condizioni di bassa energia e basso trasporto al fondo per le tipologie morfologiche sinuosa o meandriforme (risposta B).

M2 - Erodibilità delle sponde: Sono state considerate sponde non coesive, per il tratto osservato si è attribuita la risposta A, le sponde non coperte da vegetazione hanno lunghezza $\leq 10\%$.

M3 - Erodibilità del fondo: Le analisi hanno evidenziato un'erodibilità del fondo per il tratto con risposta B per "fondo poco erodibile".

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Per il tratto valutato del segmento, è stata valutata una lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ per tassi di arretramento trascurabili (risposta B).

M5 – Tendenze di larghezza: Nel tratto esaminato si è valutata la risposta C-, per una forte tendenza al restringimento.

M6 – Tendenze altimetriche: Nel tratto esaminato si è valutata la risposta B in quanto presentava condizioni di lieve sedimentazione.

Artificialità

Nella Categoria "Artificialità" viene valutato il grado di Artificialità del corso d'acqua. Nell'istogramma (Fig. 6.96) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento, le risposte sono di seguito espone.

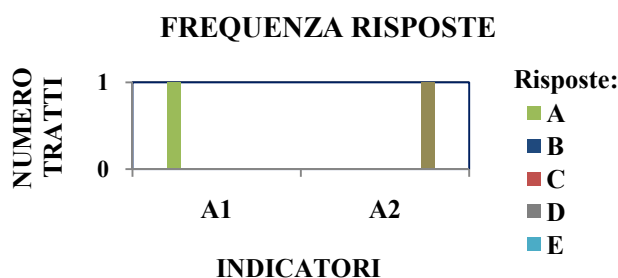


Figura 6.96 - Iistogramma dei valori di Artificialità del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

A1 – Difese di sponda: Per il tratto 0301 del segmento è stata attribuita la risposta A.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Per il tratto 0301 è stata valutata la risposta E per assenza di rivestimenti e di altre opere.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell’IQM. Nella scheda predisposta per la valutazione della dinamica Morfologica sono state introdotte una nuova serie di risposte che fanno riferimento a delle precisazioni e dei limiti di classificazione. Nell’istogramma (Fig. 6.97) sono rappresentate le valutazioni assegnate al tratto 0301.

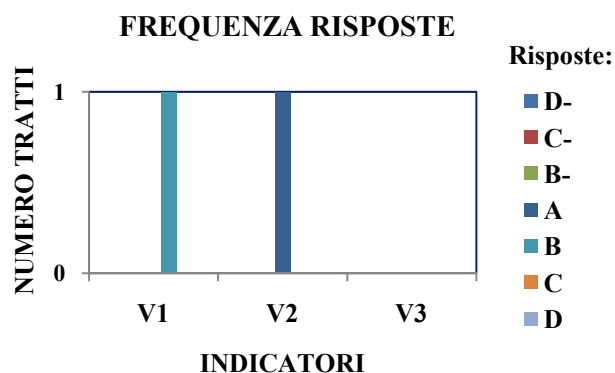


Figura 6.97- Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per il tratto 0301 è stata assegnata la risposta B per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50.

V2 - Variazioni di larghezza: Non si è valutata alcuna variazione morfologica per il tratto 0301 (risposta A).

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, non viene valutato e si esclude quindi dal conteggio finale.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma (Fig. 6.98), al fine di visualizzare le valutazioni generali dei tratti analizzati è riportata una raffigurazione dei punteggi conseguiti riguardo le classi di dinamica morfologica. Inoltre, si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove il tratto valutato ha ottenuto un IDM medio.

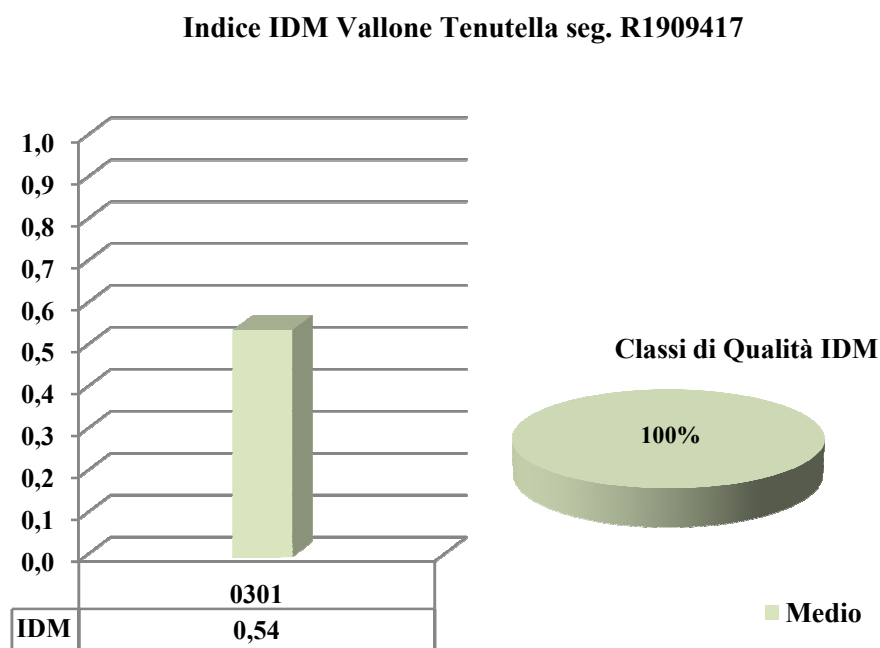


Figura 6.98 - Istogramma e Grafico delle classi di qualità IDM Vallone Tenutella (segmento R1909417).

6.1.8 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Fiume Dittaino (Cod. segmento R1909416)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino del Simeto è stato illustrato in precedenza. Il segmento R1909416 del fiume Dittaino, facente parte del sottobacino Dittaino, è delimitato dalla confluenza con il Vallone Margi sino alla confluenza con il Vallone della Tenutella (Fig. 6.99). I tratti sono generalmente raggiungibili ed è stata possibile l'osservazione e la valutazione del segmento.

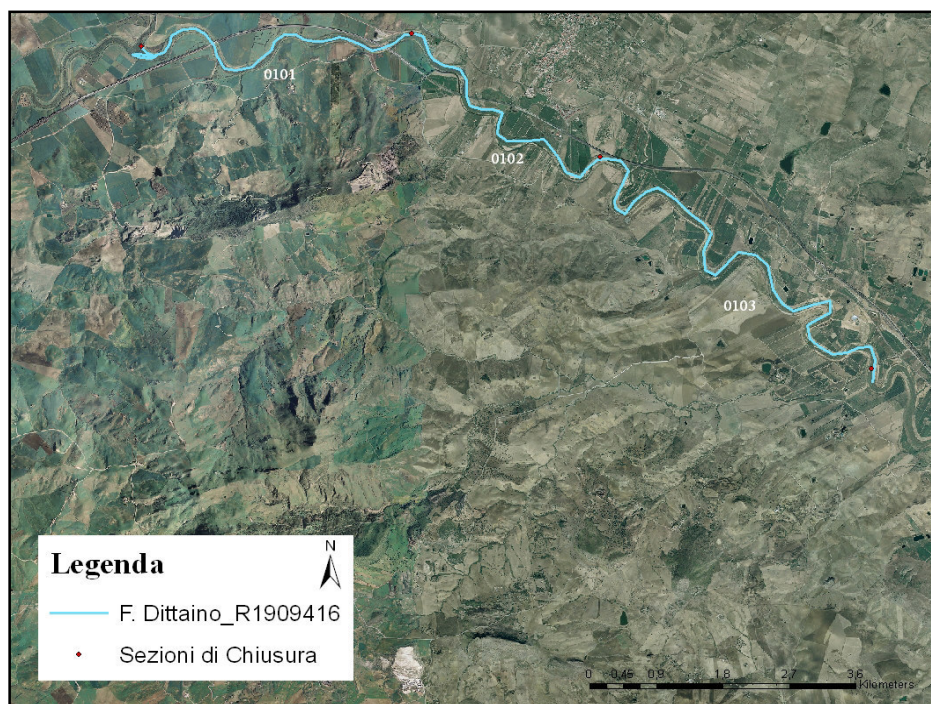
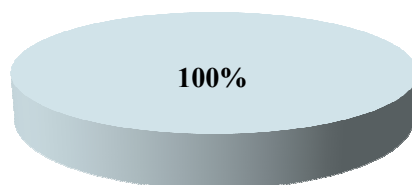


Figura 6.99 – Immagine segmento R1909416 del Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati attinenti allo STEP 1 sono raffigurati nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico). Nello STEP sono state individuate le unità fisiografiche percorse dal corso d’acqua (Fig. 6.100). Il segmento è situato in ambito fisiografico collinare montano (CM) e rientra nelle unità fisiografiche Pianura di Fondovalle (Pfm). Le altre informazioni definite per ciascuno dei tratti sono riportate l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media.



Pfm (Pianura di fondovalle)

Figura 6.100 - Unità fisiografiche del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Lo STEP 2 ha previsto, quale risultato finale, l’attribuzione delle classi di confinamento, che sono determinate dal confronto del grado di confinamento e degli indici di confinamento per ogni tratto. Nella Tabella 6.1 al punto 2, “Confinamento”, è possibile rilevare i dati ottenuti, mentre nel grafico (Fig. 6.101) sono raffigurate le classi di confinamento ottenute.

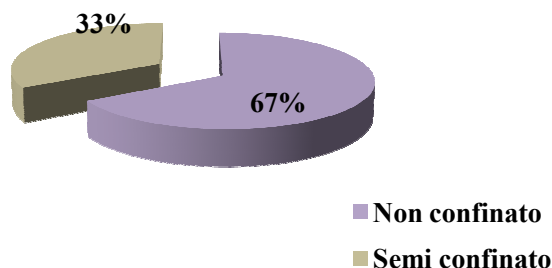


Figura 6.101 - Classi di confinamento del F. Dittaino (segmento R1909416).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è stata determinata tramite l'*Indice di sinuosità*, l'*Indice di intrecciamento* e l'*Indice di anastomizzazione*, i cui dati sono rappresentati in Tabella 7.28 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Ciò ha consentito di classificare n. 1 tratto del segmento (Fig. 6.102) come Sinuoso (S) e n. 2 tratti della tipologia Meandriforme (M). Altri dati rappresentati riguardano la configurazione del fondo che è quella a Letto Piano (LP) e la pendenza dei tratti con valori che variano tra lo 0.3 % e lo 0,2 %. Altre informazioni di tipo qualitativo riguardano i sedimenti prevalenti in alveo che sono le Ghiaie (G) per tutti i tratti.

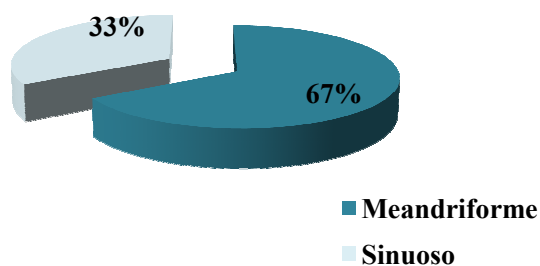


Figura 6.102 - Tipologie d'alveo del F. Dittaino (segmento R1909416).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo, possono sintetizzarsi nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909416 in n. 3 tratti. Le generalità riportate riguardano la lunghezza di ciascun tratto e quella totale rilevata per il segmento osservato del Fiume Dittaino, che è di 17.776 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 5.925 metri.



Figura 6.103 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nel segmento, costituito da tratti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.103 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza del segmento, pari a 17.766 metri. Si osserva come il segmento R1909416 del Fiume Dittaino nel tratto rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 77,50%, mentre sono state osservate variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 22,50%.

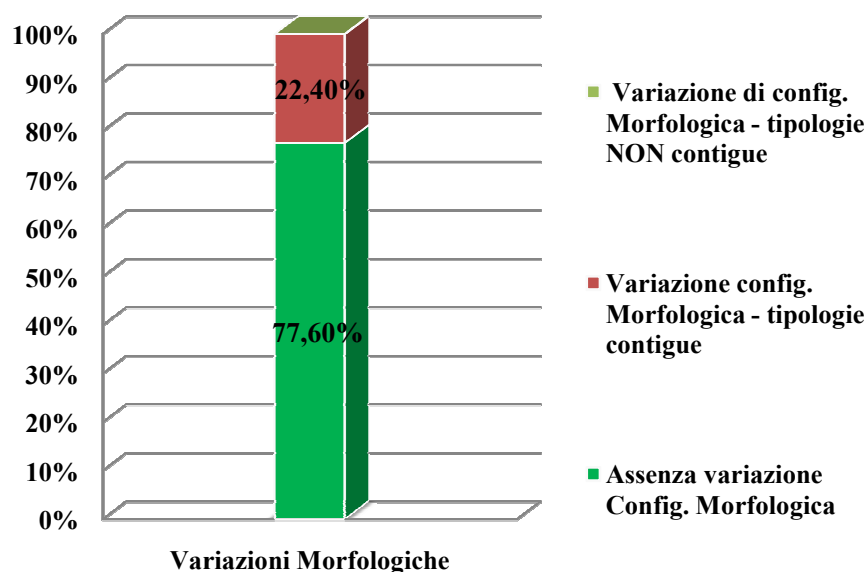


Figura 6.104 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, dove il segmento presenta allargamento moderato per il 43,00%, della sua lunghezza mentre il 57,00% non ha avuto alcuna variazione. Nel periodo dal 2002 a oggi si è comunque valutata una tendenza a un allargamento moderato dell'alveo pari al 22,50%, e un restringimento moderato per il 77,50%. I risultati sono rappresentati in Figura 6.104

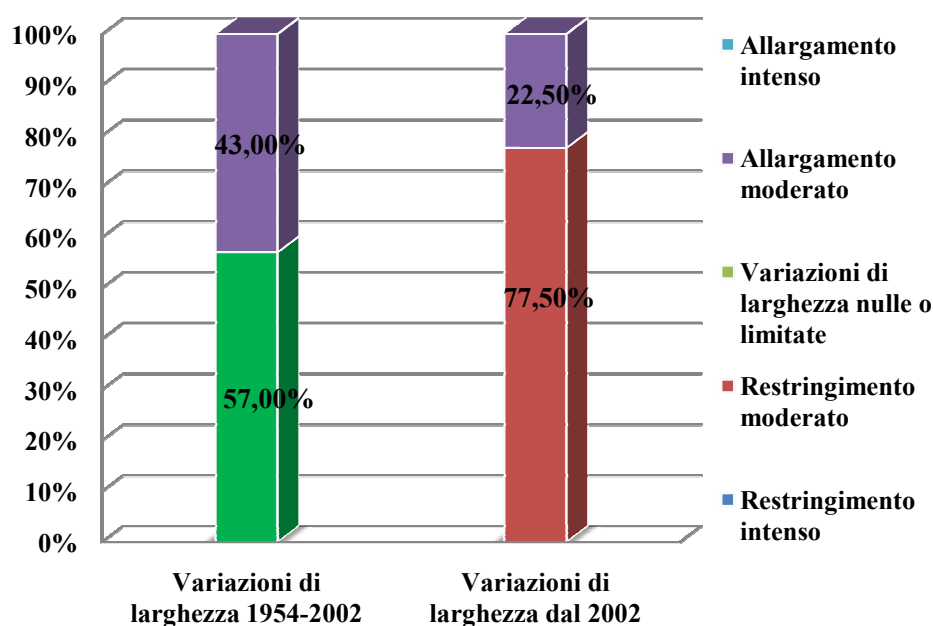


Figura 6.105 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione e inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nel tratto del segmento R1909416 del Fiume Dittaino oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.106) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la parte attinente alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono esaminate nel dettaglio le risposte assegnate ad ogni tratto.

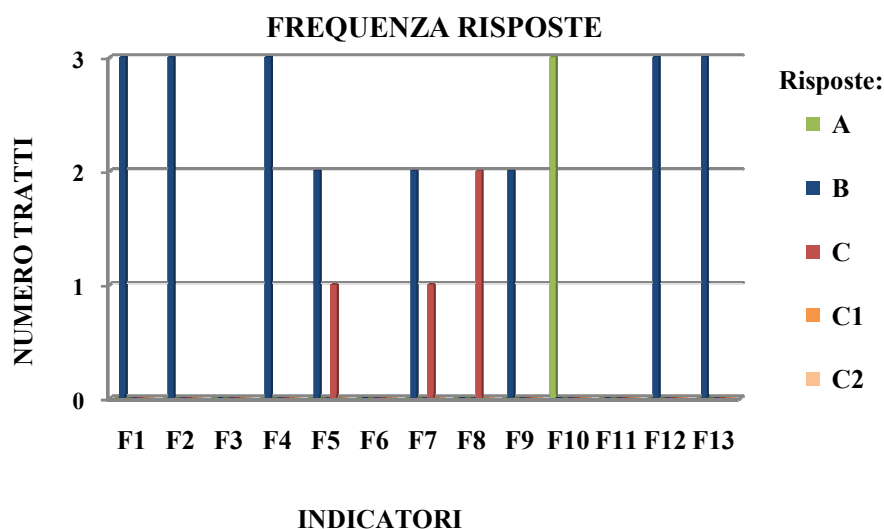


Figura 6.106 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica del Fiume Dittaino (segmento R190416).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: Le valutazioni per tutti i tratti (risposta B) confermano una lieve alterazione della continuità delle portate solide da opere antropiche che intercettano o ostacolano il libero flusso di questi elementi.

F2 - Presenza di piana inondabile: Si è valutata la presenza, l'estensione e la continuità di una superficie morfologica naturale con caratteristiche di pianura inondabile (risposta B) per tutti i n. 3 tratti, con una piana inondabile compresa tra il 10 ed il 66%.

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore si applica in alvei confinati, pertanto non è stato valutato per il segmento.

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Si è valutato che le sponde in arretramento siano poco frequenti rispetto a quanto atteso per tutti i tratti esaminati, pertanto si è attribuita la risposta B.

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: I tratti risultano alterati con la presenza di una fascia erodibile con media e scarsa continuità, si è attribuita la risposta B per n. 2 tratti e la risposta C per n. 1 tratto

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: L'indicatore si applica ad alvei confinati a canale singolo, non è stato valutato per il segmento.

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Si è valutata per n. 2 tratti la risposta B e per n. 1 tratto la risposta C poiché sono state osservate alterazioni della naturale eterogeneità delle forme attese per la tipologia fluviale rispettivamente per una porzione limitata del tratto, inferiore al 33 % e significativa maggiore del 33%.

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: Valuta le forme tipiche di pianura in corsi d'acqua meandriformi, su n. 2 tratti la risposta è C.

F9 - Variabilità della sezione: In n. 2 tratti si è valutata una variabilità della larghezza della sezione per una lunghezza superiore al 67% del segmento (risposta B), non si è applicato al tratto 0101 (privo di barre).

F10 - Struttura del substrato: Le risposte attribuite sono state A per i 3 tratti per una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti.

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: L'indicatore non è stato valutato per naturale assenza di vegetazione perfluviale.

Vegetazione fascia perfluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale: Si è valutato per tutti i tratti una vegetazione arbustiva stimata tra la metà e il doppio della larghezza dell'alveo (risposta B).

F13- Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: I tratti sono valutati con risposta B per formazioni comprese tra il 33-90%.

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6. 107) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono descritte le risposte.

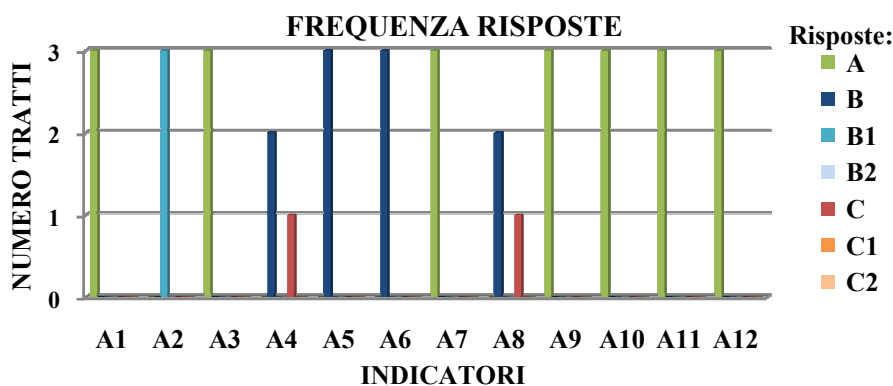


Figura 6.107- Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R190416) .

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nel segmento non sono presenti opere di alterazione delle portate liquide con effetti notevoli sulla continuità delle portate liquide, per tutti i tratti è stata data la risposta A.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: A monte dei tratti di studio sono state rilevate opere con effetti parziali di alterazione del trasporto solido al fondo, la totalità delle valutazioni ha dato la risposta B1.

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Nei 3 tratti esaminati non sono state rilevate opere di alterazione delle portate liquide per cui è stata attribuita la risposta A.

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Su n. 2 dei tratti osservati, si è rilevata la presenza di una o alcune di tali opere con risposta pari a B, per n. 1 tratto la risposta è stata pari a C in quanto si è valutata la presenza di briglie superiori in media a 1 ogni 1.000 metri.

A5 - Opere di attraversamento: La risposta assegnata è stata per tutti i tratti B per la presenza in media di almeno un'opera ogni 1.000 metri.

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: In tutti i 3 tratti sono presenti difese di sponda per una lunghezza inferiore al 33% delle sponde (risposta B).

A7 - Arginature: L'assenza di arginature ha determinato una valutazione per i 3 tratti pari ad A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: In n. 2 tratti è stata ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali in passato (risposta A), al tratto 0101 è

stata attribuita la risposta C presupponendo una variazione di tracciato artificiale maggiore del 10 % della lunghezza del tratto.

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: Per assenza di soglie e rampe la totalità delle risposte è stata A.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: Per tutti i tratti analizzati, non si hanno nozioni o evidenze certe di attività di rimozione di sedimenti (risposta A).

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Non si hanno nozioni o evidenze certe di attività di rimozione di materiale legnoso, in tutti i tratti risposta A.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Nel segmento non si hanno nozioni o evidenze certe di tagli di vegetazione, è stata attribuita per tutti i tratti la risposta A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, si espongono le risposte attribuite per i tratti del segmento, tutti Semi Confinati e Non Confinati, rimandando la rappresentazione grafica ed una più attenta analisi nella valutazione della Dinamica Morfologica.

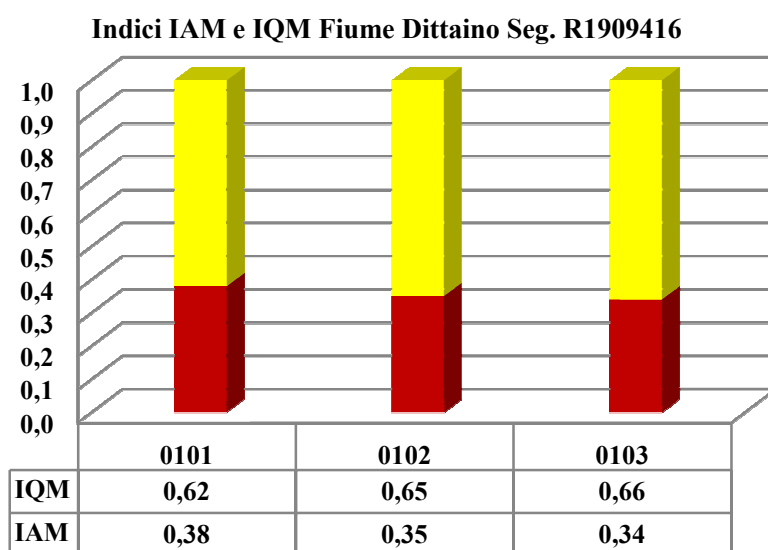
V1 - Variazioni della configurazione morfologica: In assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50 su n. 2 tratti è stata attribuita la risposta A. Per n. 1 tratto si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue con assegnazione della risposta B.

V2 - Variazioni di larghezza: Per n. 2 tratti non si è valutata alcuna variazione morfologica (risposta A). Il tratto 0103 mostra un allargamento moderato per cui è stata attribuita la risposta B.

V3 - Variazioni altimetriche: I dati a disposizione non sono sufficienti per fornire delle risposte attendibili pertanto non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione dello stato attuale per il segmento R1909416 sono riportati in Figura 6.108. Dall'analisi degli stessi possiamo affermare che sotto l'aspetto idromorfologico, la totalità dei tratti può essere classificati con un IQM moderato. Per il segmento è stato poi valutato con media ponderata un IQM globale il cui risultato pari a 0,64 (IAM=0.36) che ha permesso di valutarlo con una classe di qualità morfologica pari a "moderato".



Classi di Qualità IQM

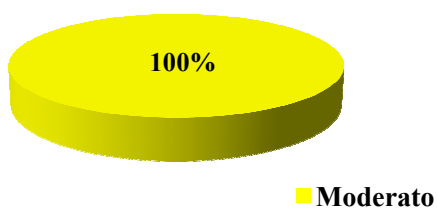


Figura 6.108 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e Grafico delle classi di qualità morfologica per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione delle variazioni di dinamica morfologica sono state impiegate le schede predisposte per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi sono stati ottenuti il punteggio ed il valore dell'IDM per ogni tratto e per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e il successivo ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nel tratto R1909416 del Fiume Dittaino oggetto di valutazione.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.109) sono rappresentate le risposte attribuite per i tratti.

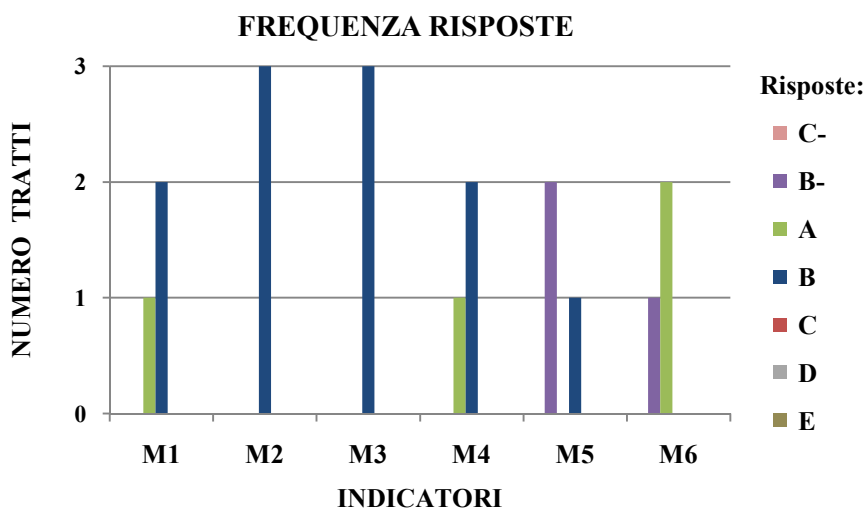


Figura 6.109 - Istogramma valori di Morfologia e Processi del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

M1 - Tipologia d'alveo: La configurazione morfologica rilevata per i 3 tratti è quella associata a condizioni di bassa energia e basso trasporto al fondo, con le tipologie morfologiche sinuosa o meandriforme, pertanto è stata attribuita la risposta B.

M2 - Erodibilità delle sponde: Nella classificazione dei tratti del segmento si è tenuto conto di sponde non coesive, tipiche di alvei di aree pedemontane e di pianura medio – alta, costituite da materiale granulare grossolano. Per tutti e 3 i tratti è stata pertanto attribuita la risposta B per sponde alluvionali erodibili per una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale.

M3 - Erodibilità del fondo: Per questo indicatore si è attribuita la risposta B per n. 3 tratti per la presenza di fondo alluvionale completamente erodibile per una lunghezza compresa tra il 10% e il 33% della lunghezza totale del tratto.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: A causa della completa assenza di sponde in arretramento, su n. 1 tratto del segmento è stata attribuita la risposta A. Per altri 2 tratti, si è valutata una lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ per tassi di arretramento trascurabili (risposta B).

M5 - Tendenze di larghezza: Per n. 2 tratti è stata rilevata una tendenza al restringimento non trascurabile nell'intervallo temporale prescelto (Risposta B-). Nel tratto 0102, si è valutata la risposta B+, per una tendenza all'allargamento non trascurabile.

M6 - Tendenze altimetriche: Per condizioni di lieve incisioni rilevate al tratto 0102 è stata attribuita la risposta B- per l'indicatore. Per n. 2 tratti si è assegnata la risposta A in quanto le condizioni prevalenti riscontrate sono di equilibrio.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.110) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono analizzate le risposte attribuite per ogni tratto.

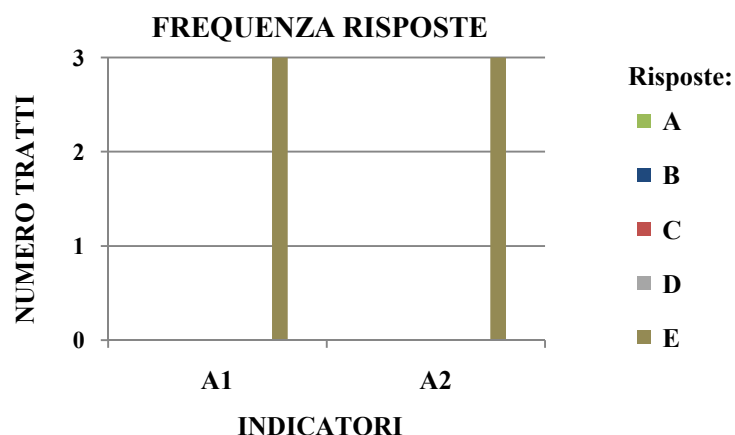


Figura 6.110 - Istogramma dei valori di Artificialità per Fiume Dittaino (segmento R1909416).

A1 – Difese di sponda: Per tutti i tratti del segmento è stata assegnata la risposta E per assenza di difese di sponda.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Per n. 3 tratti è stata valutata la presenza di briglie con densità relativamente bassa, con ≤ 1 ogni 1.000 m del tratto, per alvei a pendenza medio - bassa (risposta D).

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell'IQM. Nella scheda

predisposta per la valutazione dell'IDM tuttavia sono state introdotte una nuova serie di risposte che fanno riferimento a delle precisazioni e dei limiti di classificazione specifici per la Valutazione della Dinamica Morfologica. Di seguito (Fig. 6.111) si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate per i tratti del segmento, tutti Semi o Non Confinati.

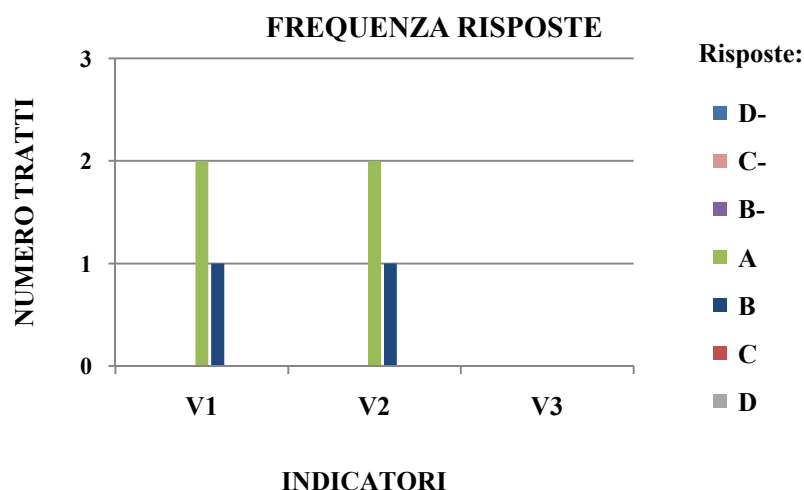


Figura 6.111 - Istogramma valori di Variazioni Morfologiche Fiume Dittaino (segmento R1909416).

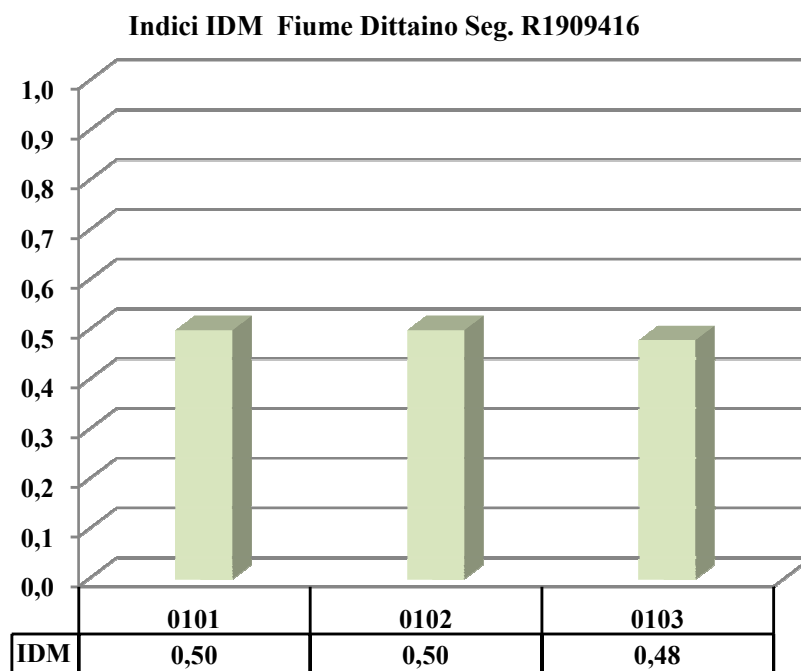
V1 - Variazioni della configurazione morfologica: In assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50 per n. 2 tratti è stata attribuita la risposta A. Per n. 1 tratto si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue ed è stata assegnata la risposta B.

V2 - Variazioni di larghezza: Per n. 2 tratti non si è valutata alcuna variazione morfologica con assegnazione della risposta A. Il tratto 0103 mostra un allargamento moderato per cui è stata attribuita la risposta B+.

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati, informazioni ed evidenze sul terreno, non viene valutato e si esclude dal conteggio finale.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma e nel grafico seguente (Fig. 6.112), si rappresentano i risultati ottenuti. I punteggi conseguiti riguardo alle classi di dinamica morfologica assegnano n. 3 tratti ad un IDM medio. Dalla media ponderata l'IDM ottenuto consente di attribuire il segmento alla classe "medio".



Classi di Qualità IDM

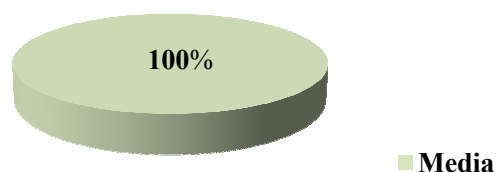


Figura 6.112 - Iistogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

6.1.9 Indice di Qualità Morfologica (IQM) e Indice di Dinamica Morfologica (IDM) Fiume Dittaino (Cod. Segmento R1909415)

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento generale del bacino del Simeto è stato illustrato in precedenza. Il segmento del fiume Dittaino R1909415, facente parte del sottobacino Dittaino, ha origine dalla confluenza con il vallone della Gammarella fino all'incontro con il Simeto (Fig. 6.113). I tratti sono agevolmente raggiungibili ed è stato possibile la valutazione del segmento.

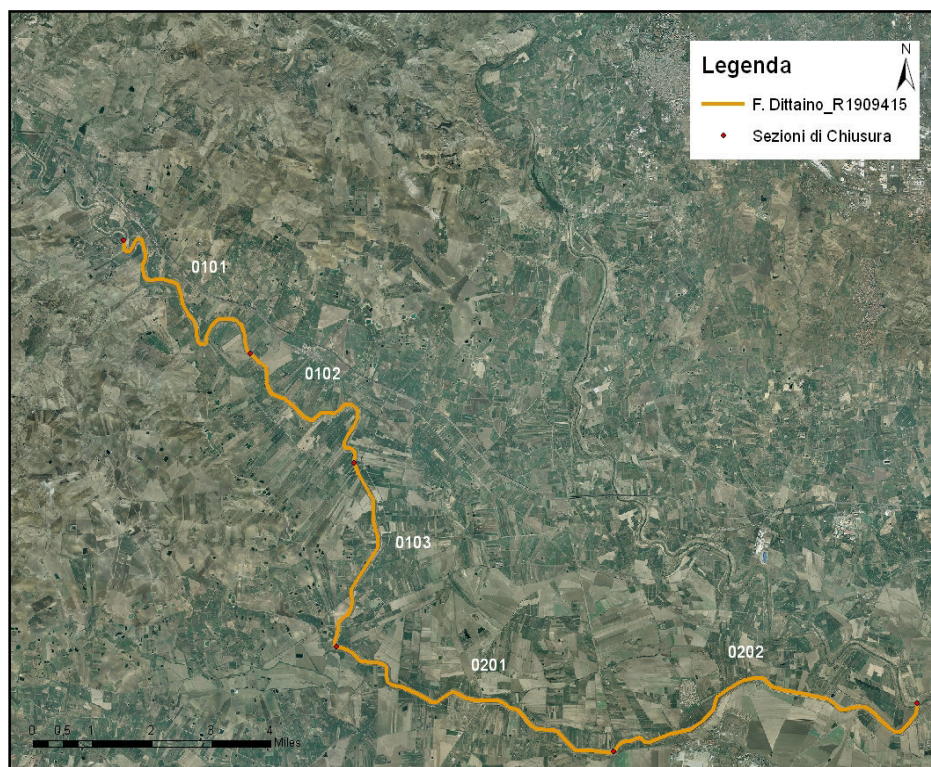


Figura 6.113 – Immagine segmento R1909415 Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

I dati concernenti lo STEP 1 sono rappresentati nella Tabella 6.1 al punto 1 “Inquadramento fisiografico”. Sono state identificate le unità fisiografiche percorse dal corso d’acqua in esame (Fig. 6.114), il segmento è situato in ambito fisiografico collinare montano (CM) e di pianura (P) e ricade nelle unità fisiografiche Pianura di Fondovalle (Pfm) e Colline argillose (Cam). Tra le altre indicazioni definite per ognuno dei tratti, sono state rilevate l’area di drenaggio sottesa (valutata al limite di valle del segmento) e la pendenza media, indicati nella scheda di rilevamento.

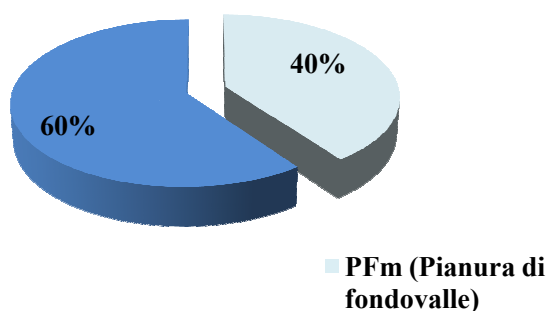


Figura 6.114- Unità fisiografiche rilevate del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Lo STEP 2 ha avuto quale risultato l’attribuzione delle classi di confinamento, esse nascono dal paragone del grado di confinamento e degli indici di confinamento per ogni tratto. Nella Tabella 6.1 al punto 2, “Confinamento”, è possibile rilevare i dati ottenuti, mentre nel grafico (Fig. 6.115) sono raffigurate le classi di confinamento conseguite.

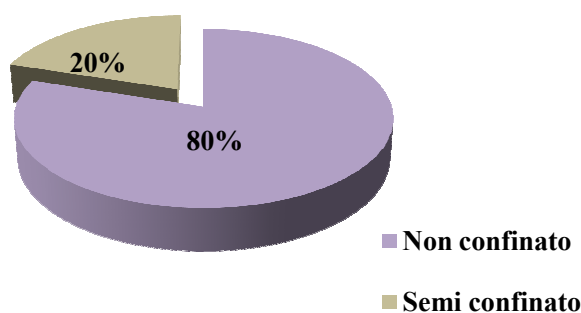


Figura 6.115- Classi di confinamento del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

La morfologia dell'alveo è determinata sulla base dell'*Indice di sinuosità*, dell'*Indice di intrecciamento* e dell'*Indice di anastomizzazione*, come dai dati rappresentati in Tabella 6.1 al punto 3 "Morfologia dell'alveo". Le osservazioni hanno permesso di classificare n. 4 tratti del segmento come Sinuoso (S) e n. 1 tratto della tipologia Meandriforme (M) come indicato nel grafico (Fig. 6.116). Altri dati rappresentati esaminano la configurazione del fondo prevalente che è quella a Letto Piano (LP) e la pendenza media dei tratti con valori tra lo 0.3 % e lo 0,2 %. Altre indicazioni qualitative hanno considerato i sedimenti prevalenti in alveo, sabbie (S) per tutti i tratti.

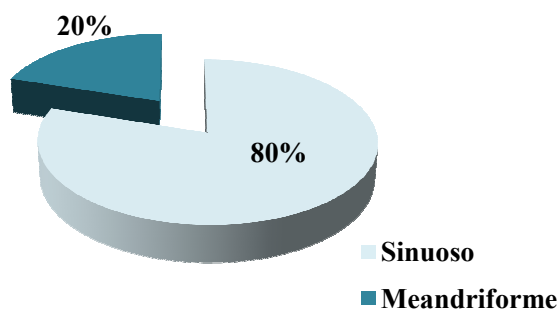


Figura 6.116- Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Nello STEP 4 è stata effettuata la suddivisione finale in tratti omogenei per caratteri morfologici del corso d'acqua. I risultati della fase 1 di applicazione del metodo, possono sintetizzarsi nella suddivisione del segmento, codificato con il numero R 1909415, in n. 5 tratti. La lunghezza totale del segmento osservato del Fiume Dittaino è di 36.380 metri, con una lunghezza media dei tratti pari a 7.276 metri. I tratti risultanti dalla fase 1 saranno oggetto di successiva valutazione.



Figura 6.117 – Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nel segmento, costituito per intero da tratti semi confinati e non confinati. Nella Figura 6.117 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza del segmento, pari a 36.380 metri. Si osserva come il segmento R1909415 del Fiume Dittaino rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica nei confronti degli anni '50 per il 41,50%, mentre sono state osservate variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 58,50%.

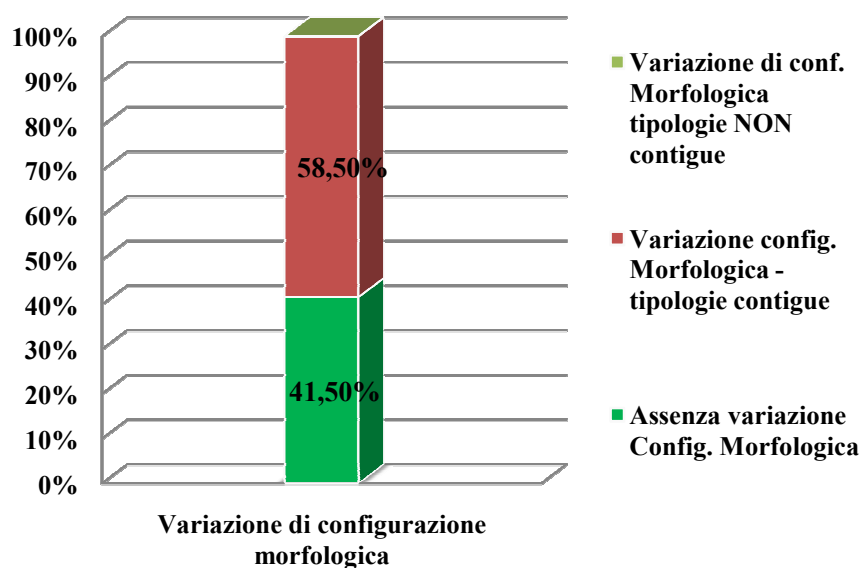


Figura 6.118 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Riguardo le Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, nel quale il segmento presenta un restringimento dell'alveo moderato pari a 16,00%, un allargamento moderato per il 27,00%, mentre per il 57,00% non ha subito alcuna variazione. Nel periodo dal 2002 a oggi sono state valutate variazioni di larghezza nulle per il 54,00%, un allargamento moderato per il 18,50 della lunghezza totale mentre si è valutato un restringimento intenso per il 27,00% del segmento. I risultati sono rappresentati in Figura 6.118.

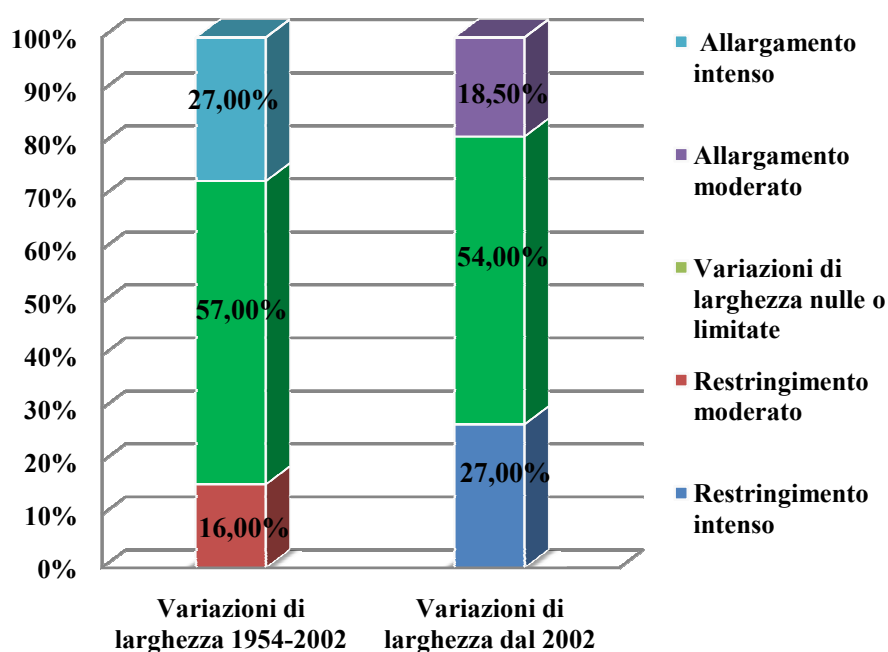


Figura 6.119 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Non è stato possibile effettuare la valutazione delle Variazioni di fondo in quanto i dati non erano attendibili e sufficienti.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella valutazione sono state adoperate le schede predisposte per il sistema di rilevazione e inerenti gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Funzionalità*, *Artificialità* e *Variazione morfologica*. Di seguito saranno approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica nei tratti del torrente Vallone Salito oggetto di valutazione.

Funzionalità Geomorfologica

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6.120) sono riportate le valutazioni generali ottenute per la prima parte delle schede di rilevamento attinenti alla Categoria "Funzionalità Geomorfologica". Di seguito sono state esaminate in dettaglio le risposte attribuite per i tratti.

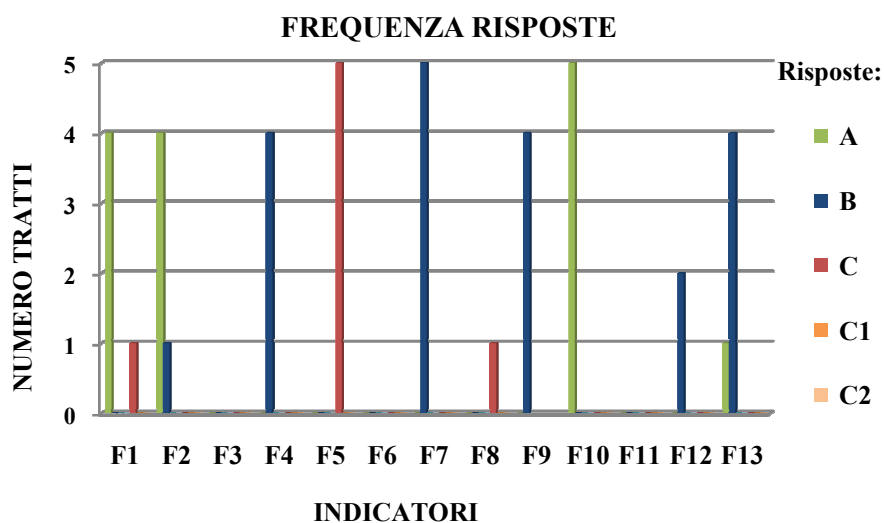


Figura 6.120 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologiche del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Continuità

F1 - Continuità longitudinale nel flusso di sedimenti e materiale legnoso: Le valutazioni per n. 4 tratti del segmento (risposta A) confermano la continuità delle portate solide poco alterata da opere antropiche, ad eccezione del tratto in prossimità del Simeto (risposta C).

F2 - Presenza di piana inondabile: Nel segmento si è rilevata una superficie morfologica naturale con caratteristiche di pianura inondabile, si attribuisce pertanto la risposta A per n. 4 tratti, e la B su n. 1 tratto.

F3 - Connessione tra versanti e corso d'acqua: L'indicatore si applica in alvei confinati, pertanto non è stato valutato per il segmento.

F4 - Processi di arretramento delle sponde: Per i 4 tratti valutati si è assegnata la risposta B, le sponde in arretramento sono poco frequenti.

F5 - Presenza di una fascia potenzialmente erodibile: Nei tratti esaminati si è valutata la presenza di una fascia erodibile con scarsa continuità alterata per 5 tratti con risposta C.

Morfologia

F6 - Morfologia del fondo e pendenza della valle: Si applica in alvei confinati a canale singolo, non è stato quindi valutato per il segmento.

F7 - Forme e processi tipici della configurazione morfologica: Le alterazioni della naturale eterogeneità delle forme attese per la tipologia fluviale sono inferiori al 33 % per tutti i tratti (risposta B).

F8 - Presenza di forme tipiche di pianura: L'indicatore è stato applicato solo a un tratto, la valutazione ha considerato la presenza di tracce di forme fluviali non attuali (risposta C).

F9 - Variabilità della sezione: Nei tratti si è valutata una variabilità della larghezza della sezione per una lunghezza superiore al 67% con risposta B per n. 4 tratti, non è stato applicato al tratto 0201 in quanto privo di barre.

F10 - Struttura del substrato: Si è valutata una naturale eterogeneità delle granulometrie dei sedimenti con risposta A per tutti i n. 5 tratti.

F11 - Presenza di materiale legnoso di grandi dimensioni: Non è stato valutato per naturale assenza di vegetazione perfluviale.

Vegetazione fascia perfluviale

F12 - Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perfluviale: Si è valutato per n. 2 tratti, con una vegetazione arbustiva compresa tra la metà e il doppio della larghezza dell'alveo (risposta B).

F13 - Estensione lineare delle formazioni funzionali lungo le sponde: Le formazioni sono comprese tra il 33-90% per n. 4 tratti (risposta B), per un tratto la presenza di formazioni è maggiore del 90% (risposta A).

Artificialità

Nell'istogramma delle risposte (Fig. 6. 121) per la Categoria "Artificialità" sono raffigurati i risultati conseguiti nella valutazione dei tratti relativi al grado di Artificialità. Di seguito sono descritte le risposte.

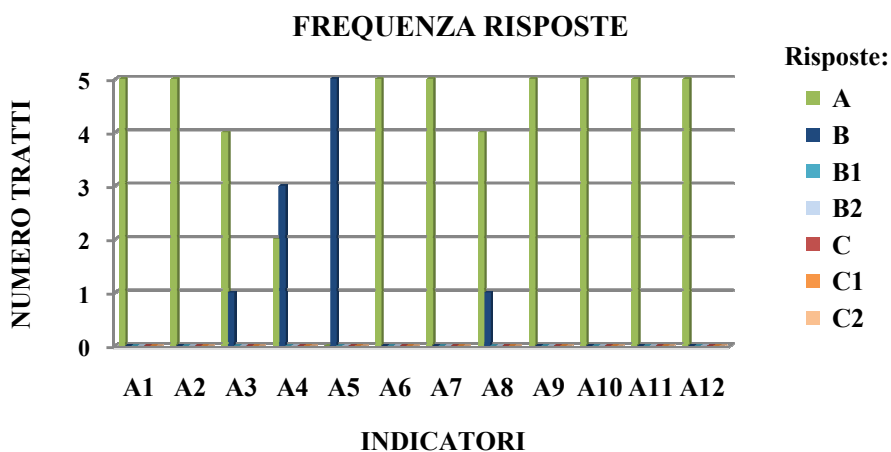


Figura 6.121- Iistogramma delle risposte relative alle Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Opere di alterazione della continuità longitudinale a monte

A1 - Opere di alterazione delle portate liquide. Nella totalità dei tratti sono assenti opere di alterazione delle portate liquide con risposta A.

A2 - Opere di alterazione delle portate solide: Non sono state rilevate a monte dei tratti di studio opere con effetti rilevanti di alterazione del trasporto solido al fondo, con la totalità delle risposte pari ad A.

Opere di alterazione della continuità longitudinale nel tratto

A3 - Opere di alterazione delle portate liquide: Non sono state rilevate opere di alterazione delle portate liquide per n. 4 tratti (risposta A) mentre nel tratto 0202 è stata attribuita la risposta B per la presenza di opere in grado di avere degli effetti poco significativi sulle portate formative.

A4 - Opere di alterazione delle portate solide (briglie di trattenuta, casse in linea, briglie di consolidamento, traverse, diga a valle): Su n. 2 dei tratti osservati si è attribuita la risposta A, per n. 3 tratti si è considerata la presenza di talune opere con risposta B.

A5 - Opere di attraversamento: Le risposte attribuite per tutti i tratti sono state B per la presenza in media di almeno un'opera ogni 1.000 metri.

Opere di alterazione della continuità laterale

A6 - Difese di sponda: La quasi totalità dei tratti non ha difese di sponda significative e per i 5 tratti è stata attribuita la risposta A.

A7 - Arginature: L'assenza di arginature ha permesso l'attribuzione per tutti i n. 5 tratti della risposta A.

Opere di alterazione della morfologia e/o del substrato

A8 - Variazioni artificiali di tracciato: In tutti i tratti è stata ipotizzata l'assenza di alterazioni artificiali in passato (risposta A), nel tratto 0101 è stata data la risposta B supponendo una variazione artificiale di tracciato.

A9 - Altre opere di consolidamento e/o di alterazione del substrato: I tratti esaminati hanno consentito per questo indicatore l'attribuzione totale delle risposte in A per l'assenza di soglie e rampe.

Interventi di manutenzione e prelievo

A10 - Rimozione di sedimenti: La valutazione ha attribuito la risposta A per i tratti non avendo evidenze certe di attività di rimozione di sedimenti.

A11 - Rimozione del materiale legnoso: Per assenza di rimozione di materiale legnoso in tutti i tratti la risposta attribuita è stata la A.

A12 - Taglio della vegetazione in fascia perifluviale: Si è rilevata assenza di tagli di vegetazione in tutti i tratti, la risposta attribuita è la A.

Variazioni Morfologiche

La Categoria è comune tra le sottofasi 2 e 3, si espongono le risposte attribuite per la Valutazione della Qualità Morfologica, rimandando la rappresentazione grafica alla sottofase 3. Sono stati osservati tutti i tratti del segmento perché Semi Confinati e Non confinati.

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per n. 2 tratti è stata data la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Su n. 3 tratti è stata assegnata la risposta B per variazione morfologica tra tipologie contigue.

V2 - Variazioni di larghezza: Non si è valutata alcuna variazione per n. 3 tratti (risposta A). Il tratto 0102 mostra un restringimento moderato per cui è stata assegnata la risposta B. Al contrario lo 0202 mostra un allargamento intenso per cui è stata assegnata la risposta C.

V3 - Variazioni altimetriche: I dati per questo indicatore sono insufficienti per fornire risposte affidabili, pertanto non è stato valutato.

Valutazione delle classi di Qualità Morfologica (IQM)

I risultati della valutazione per il segmento R1909420 sono riportati in Figura 6.122. Dall'analisi dello IAM e dell'IQM è possibile affermare che sotto l'aspetto idromorfologico la totalità dei tratti possono essere classificati con un IQM tra moderato e buono. Per il segmento si è valutata una media ponderata l'IQM globale il cui risultato pari a 0,70 (IAM=0.30) ha permesso di valutarlo con una classe di qualità morfologica "moderata".

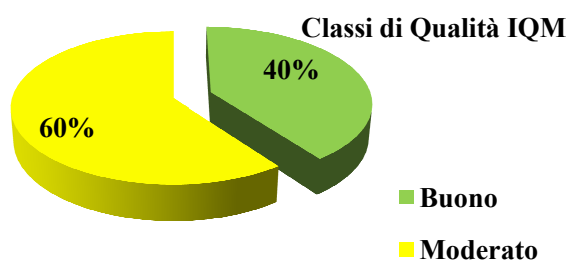
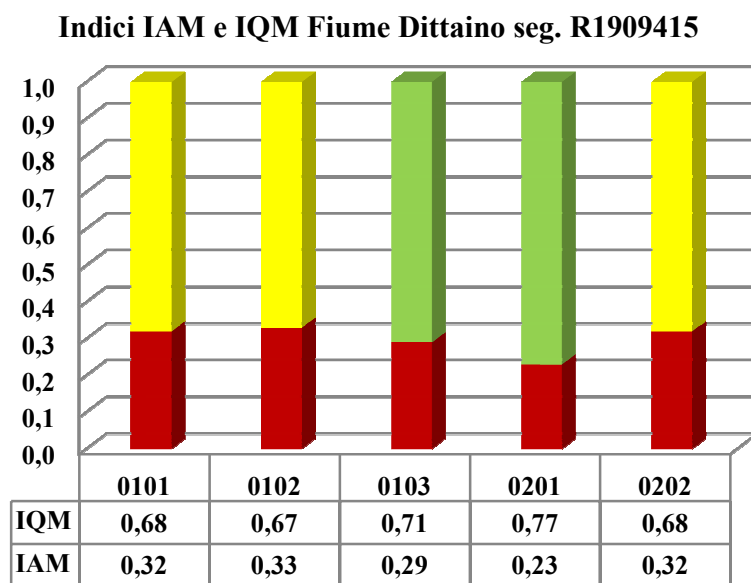


Figura 6.122- Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico delle classi di qualità per il Fiume Dittaino (segmento R1909415)

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione della dinamica morfologica sono state impiegate le schede predisposte per il sistema di rilevazione. L'analisi ha riguardato gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi sono stati ottenuti il punteggio e il valore dell'IDM per ogni tratto e per il segmento. Di seguito sono approfonditi i risultati ottenuti con l'applicazione del sistema IDRAIM e il successivo ottenimento dell'Indice di Dinamica Morfologica nei tratti del segmento R1909415 del Fiume Dittaino.

Morfologia e Processi

La Categoria “Morfologia e Processi” riguarda le caratteristiche dell'alveo, del fondo, delle sponde ed i processi e le tendenze manifestate a una scala temporale degli ultimi 10 – 15 anni. Nell'istogramma (Fig. 6.123) sono rappresentate le risposte attribuite per i tratti. Di seguito sono analizzate in dettaglio le risposte attribuite.

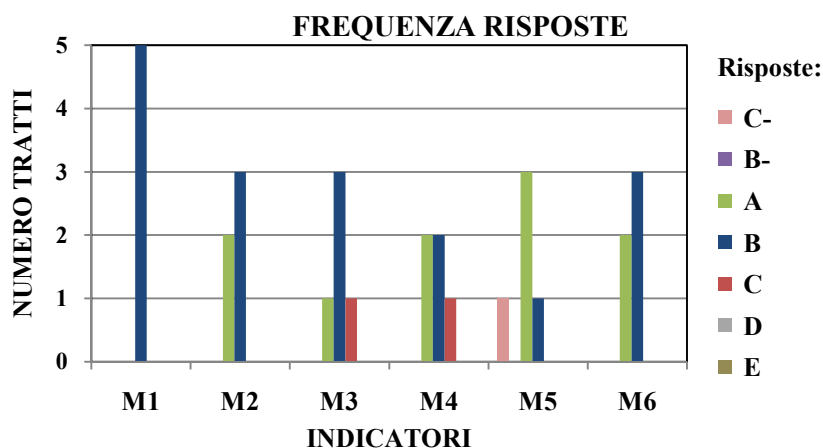


Figura 6.123 - Istogramma valori di Morfologia e Processi Fiume Dittaino (segmento R1909415).

M1 - Tipologia d'alveo: La configurazione morfologica riscontrata è quella associata a condizioni di bassa energia e basso trasporto al fondo per la presenza di tipologia morfologica sinuosa o meandriforme, pertanto è stata attribuita la risposta B in tutti i tratti.

M2 - Erodibilità delle sponde: La valutazione ha considerato sponde non coesive, tipiche di alvei di aree pedemontane e di pianura medio – alta formato da materiale granulare grossolano. Per n. 3 tratti è stata assegnata la risposta B per sponde alluvionali erodibili per una lunghezza $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde. Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta A, sponde non coperte da vegetazione con lunghezza $\leq 10\%$.

M3 - Erodibilità del fondo: Si evidenzia un fondo alluvionale totalmente erodibile per n. 3 tratti per una lunghezza tra il 10% e il 33% del totale dei tratti (risposta B). Per n. 1 tratto è stata assegnata la risposta A per fondo pochissimo erodibile o per la presenza di fondo alluvionale erodibile per una lunghezza $\leq 10\%$. Infine, per n. 1 tratto si è data la risposta C per il fondo alluvionale erodibile per una lunghezza compresa tra 33% e il 66%.

M4 - Processi di arretramento delle sponde: Su n. 2 tratti del segmento è stata valutata la risposta A (assenza di sponde in arretramento). Per altri 2 tratti del segmento, con una lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ per tassi di arretramento trascurabili è stata valutata la risposta B. Infine, per il tratto 0201 è stata assegnata la risposta C, per una lunghezza delle sponde in arretramento $\leq 33\%$ della lunghezza totale delle sponde.

M5 - Tendenze di larghezza: Si è riscontrata un'assenza di variazioni o comunque una tendenza di larghezza trascurabile per n. 3 tratti (Risposta A), nel tratto 0101 si è rilevata una tendenza all'allargamento non trascurabile (Risposta B). Infine nel tratto 0202 si è valutata la risposta C-, per una forte tendenza al restringimento.

M6 - Tendenze altimetriche: Per n. 3 tratti che presentavano condizioni di lieve sedimentazione, si è attribuita la risposta B, per n. 2 tratti si è attribuita la risposta A perché sono presenti condizioni prevalenti di equilibrio.

Artificialità

Nella Categoria “Artificialità” viene valutato il grado di Artificialità del corso d’acqua. Nell’istogramma (Fig. 6.124) sono rappresentate le valutazioni assegnate al segmento. Di seguito sono esaminate le risposte attribuite.

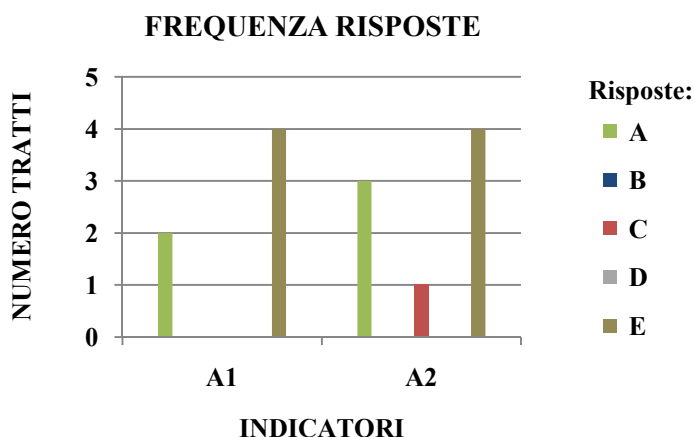


Figura 6.124 - Iistogramma dei valori di Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

A1 - Difese di sponda: Su tutti i tratti del segmento è stata attribuita la risposta E per assenza di difese di sponda.

A2 - Opere di rivestimento o consolidamento del fondo: Sul Segmento Per n. 4 tratti si è considerata la presenza di briglie con densità relativamente bassa, ovvero ≤ 1 ogni 1.000 metri del tratto, su alvei a pendenza medio - bassa. Nel tratto 0201, è stata attribuita la risposta E per assenza di rivestimenti e totale assenza di altre opere.

Variazioni Morfologiche

Nella Categoria “Variazioni Morfologiche” sono valutate le variazioni morfologiche, analogamente a quanto avvenuto nella valutazione della Qualità Morfologica per il conseguimento dell'IQM. Nella scheda predisposta per la valutazione della Dinamica Morfologica sono state introdotte una serie di risposte con nuovi limiti di classificazione. Di seguito (Fig. 6.125) si riporta un istogramma delle valutazioni effettuate.

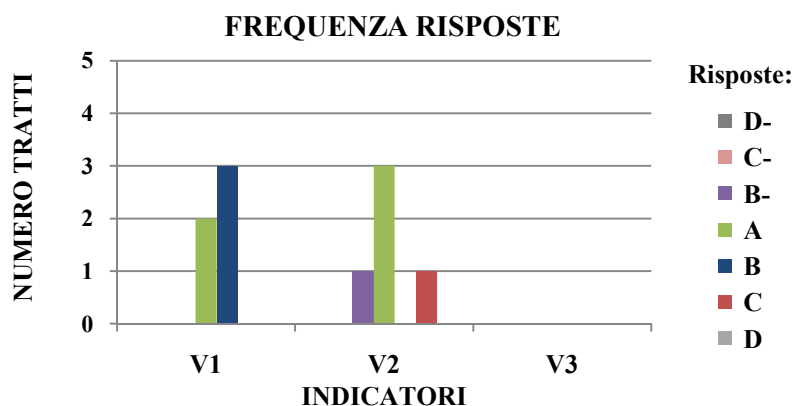


Figura 6.125 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

V1 - Variazioni della configurazione morfologica: Per n. 2 tratti è stata assegnata la risposta A per assenza di variazioni di configurazione morfologica rispetto agli anni '50. Su n. 3 tratti è stata assegnata la risposta B in quanto si è valutata una variazione morfologica tra tipologie contigue.

V2 - Variazioni di larghezza: Non si è valutata alcuna variazione morfologica per n. 3 tratti (risposta A). Al tratto 0102 con restringimento moderato, si attribuisce la risposta B-. Il tratto 0202 presenta un allargamento intenso (> 35%) rispetto agli anni '50 (risposta C+).

V3 - Variazioni altimetriche: In mancanza assoluta di dati non è valutato e si esclude quindi dal conteggio finale.

Valutazione delle Classi di Dinamica Morfologica (IDM)

Nell'istogramma 6.126, per visualizzare le valutazioni generali dei tratti analizzati, si riporta una raffigurazione dei punteggi conseguiti per l'attribuzione delle classi di dinamica morfologica. Inoltre si rappresentano graficamente i risultati ottenuti, dove è possibile osservare come n. 3 tratti sono classificati con un IDM medio, mentre per n. 2 tratti la classificazione è pari a bassa.

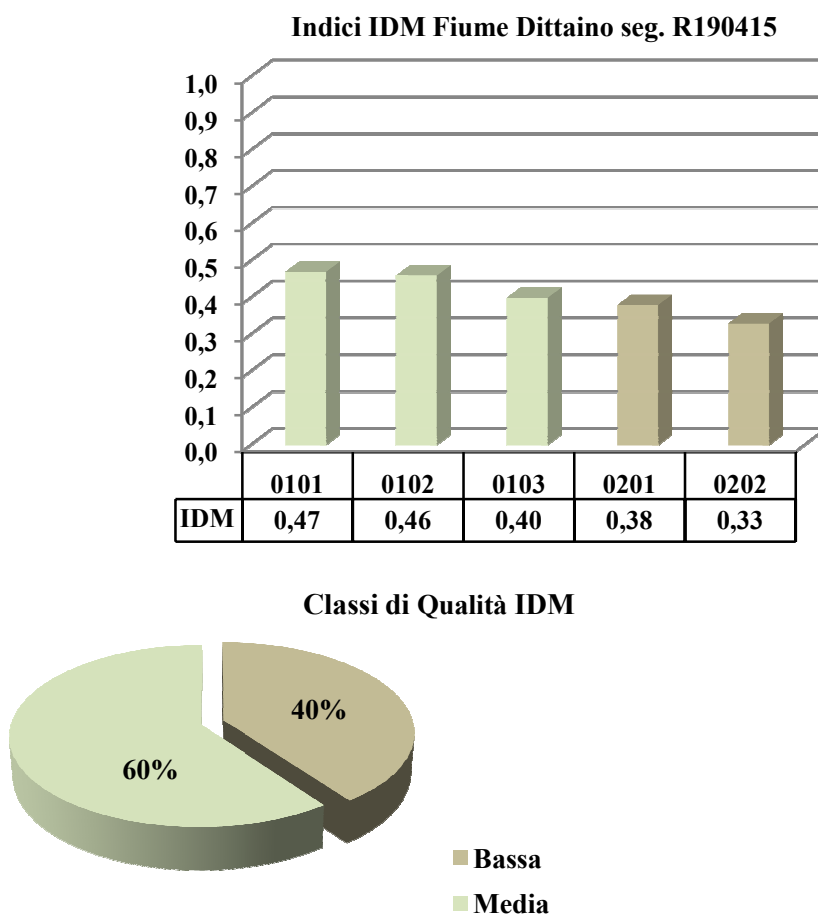


Figura 6.126 - Istogramma e grafico delle classi di Qualità IDM del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

6.2 Discussione sui risultati ottenuti per il fiume Dittaino

I risultati della ricerca sono stati illustrati nel paragrafo 6.1 nella analisi e descrizione eseguita per i singoli segmenti. Di seguito sono rappresentati i risultati riferiti all'intero Fiume Dittaino, distinti per ciascuna Fase prevista dal Sistema, per offrire un quadro sintetico del lavoro svolto.

FASE 1 - Caratterizzazione del sistema fluviale

Sottofase 1 – Inquadramento generale del bacino

L'inquadramento e la descrizione generale del Bacino oggetto di analisi e del fiume Dittaino sono stati ampiamente illustrati nel cap. 5.2.1. Nella Figura 6.127 si riportano in maniera sintetica i segmenti facenti parti dei due sottobacini del Fiume Dittaino:

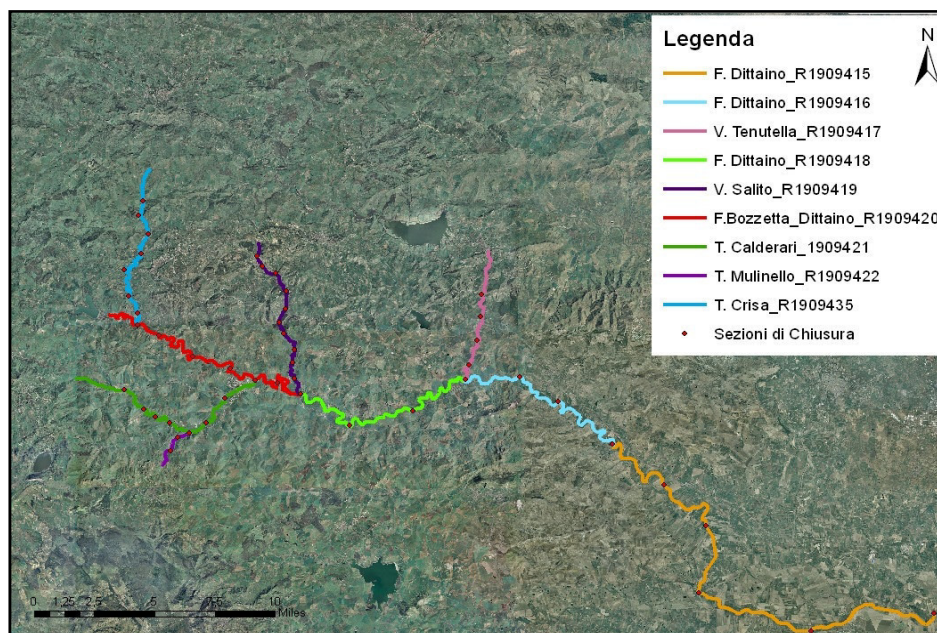


Figura 6.127 – Immagine del Fiume Dittaino e relativa suddivisione in tratti.

Sottofase 2 – Suddivisione spaziale del reticolo geografico

Inquadramento e definizione delle unità fisiografiche (STEP 1)

Riguardo allo STEP 1 si è proceduto, come previsto dalla procedura, con l'individuazione degli ambiti fisiografici e con l'identificazione delle unità fisiografiche percorse dai corsi d'acqua in esame. Nel grafico (Fig. 6.128) sono raffigurati in maniera globale le percentuali degli ambiti fisiografici in cui ricadono i due sottobacini, allo stesso modo vengono raffigurate successivamente in Figura 6.129 le unità fisiografiche che sono percorse dal fiume Dittaino e dai suoi affluenti.

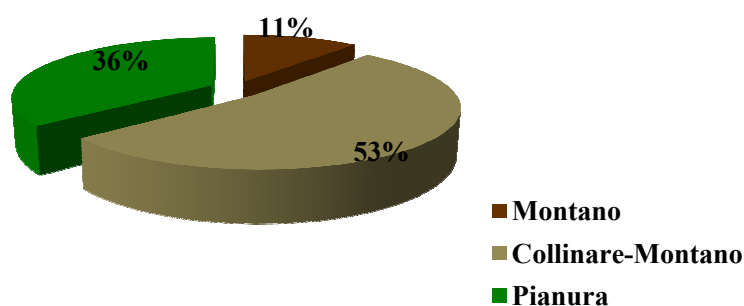


Figura 6.128- Ambiti fisiografici riscontrati nel Fiume Dittaino

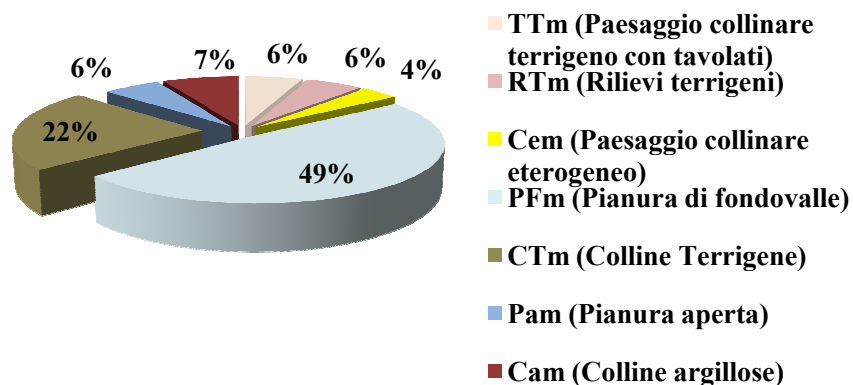


Figura 6.129 - Unità fisiografiche riscontrate nel Fiume Dittaino

Definizione del grado di confinamento (STEP 2)

Nello STEP 2 sono state attribuite le classi di confinamento, che nascono dal confronto del Grado di confinamento e degli Indici di confinamento. Questo ha costituito anche fattore discriminante per l'analisi delle variazioni morfologiche nella fase 2 di analisi dell'evoluzione passata e di valutazione dello stato attuale, non potendo valutare i tratti Confinati per le Variazioni Morfologiche. Nel grafico (Fig. 6.130) sono raffigurate sinteticamente le classi di confinamento ottenute per il fiume Dittaino.

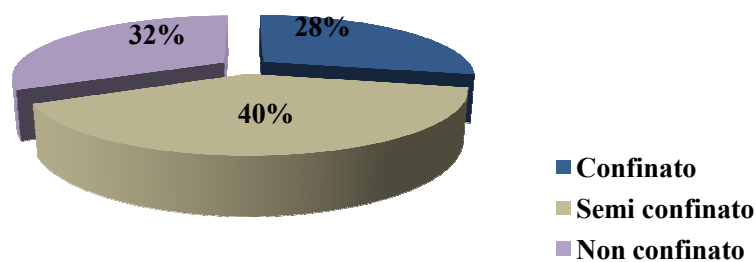


Figura 6.130 - Classi di confinamento riscontrate nel fiume Dittaino.

Definizione della morfologia dell'alveo (STEP 3)

Lo STEP 3 è stato attuato attraverso la definizione dell'*Indice di sinuosità*, dell'*Indice di intrecciamento* e dall'*Indice di anastomizzazione*, che hanno consentito di classificare i tratti per le successive fasi applicative. I risultati raggiunti sono stati riassunti nel grafico seguente (Fig. 6.131).

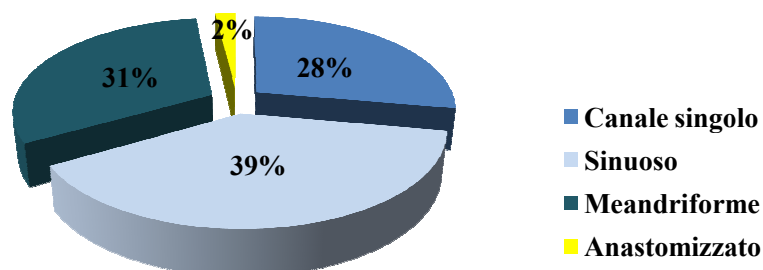


Figura 6.131 - Tipologie d'alveo riscontrate nel Fiume Dittaino

Suddivisione finale in tratti (STEP 4)

Lo STEP 4 è stato effettuato con la suddivisione finale in tratti omogenei, per caratteri morfologici, dei segmenti osservati nei due sottobacini. I risultati conseguiti e le caratteristiche rilevate per ciascun segmento sono stati già esposti in dettaglio nei capitoli precedenti.

Nella Tabella 6.9 si rappresentano i risultati ottenuti per ogni singolo segmento per i due sottobacini ove ricade il Fiume Dittaino. In essa si ha una visione immediata dei dati riguardanti il numero dei tratti in cui è stato suddiviso ciascun segmento, della lunghezza dei segmenti osservati, della lunghezza media dei tratti per ciascun segmento e infine il numero e la lunghezza dei tratti dove si è proceduto all'applicazione della Valutazione della Qualità Morfologica(IQM) e della Dinamica Morfologica (IDM), con le relative lunghezze.

Tabella 6.9- Generalità dei sottobacini esaminati.

GENERALITA'									
Bacino Idrografico	Corso D'acqua	Cod. segmento	N° Tratti IQM	Colore	Lungh. totale (m)	Lungh. media tratti (m)	N° Tratti IDM	Colore	Lungh tratti IDM (m)
Simeto (sotto-bacino Dittaino-Salito)	T. Crisa	R1909435	8		16.162	2.020	5		9.932
	T. Mulinello	R1909422	3		3.886	1.295	2		2.186
	T. Calderari	R1909421	8		19.380	2.423	7		15.495
	F.Ditt/Bozzetta	R1909420	7		22.583	3.226	7		22.583
	V. Salito	R1909419	11		15.416	1.401	5		8.012
Simeto (sotto-bacino Dittaino)	Dittaino	R1909418	3		22.793	7.598	3		22.793
	V. Tenutella	R1909417	5		13.017	2.603	1		2.046
	Dittaino	R1909416	3		17.766	5.922	3		17.766
	Dittaino	R1909415	5		36.380	7.276	5		36.380

Nell'istogramma di Figura 6.132 sono rappresentate graficamente le lunghezze totali dei segmenti esaminati secondo l'ordine ed il colore attribuiti nella Tabella precedente.

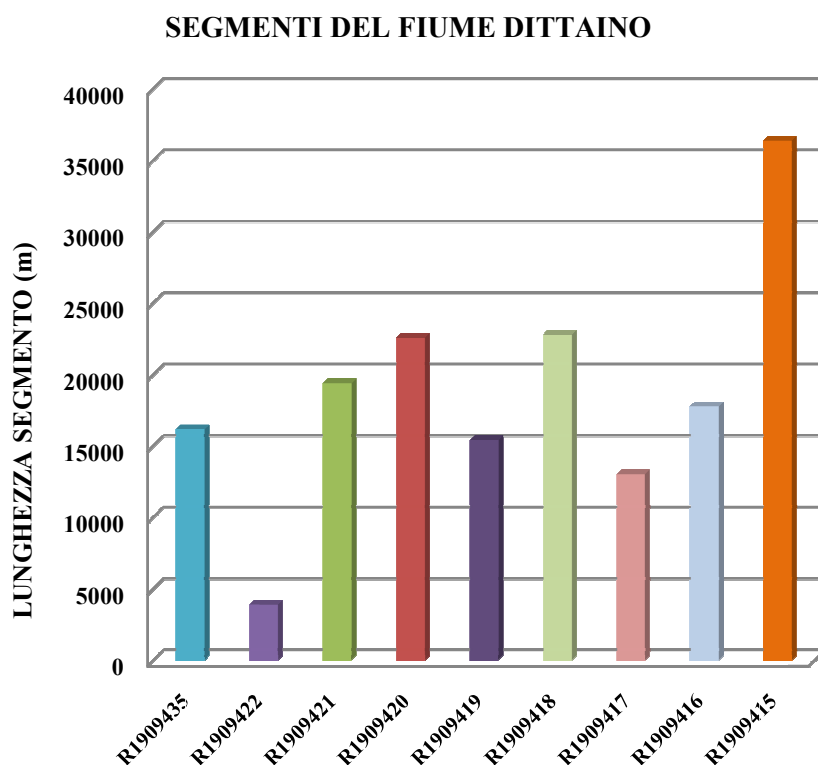


Figura 6.132 - Lunghezze totali dei segmenti esaminati nel Fiume Dittaino

Nell'istogramma seguente (Fig.6.133) si rappresenta il numero dei tratti ottenuti per ogni segmento dei due sottobacini ove ricade il Fiume Dittaino, dove si è proceduto per intero all'applicazione della Sottofase 2 di Valutazione della Qualità Morfologica, ed i tratti ove è stato applicata la sottofase 3 di Valutazione della Dinamica Morfologica. Si precisa che per i tratti di applicazione della valutazione della Dinamica morfologica è stato assegnato un unico colore di riferimento.

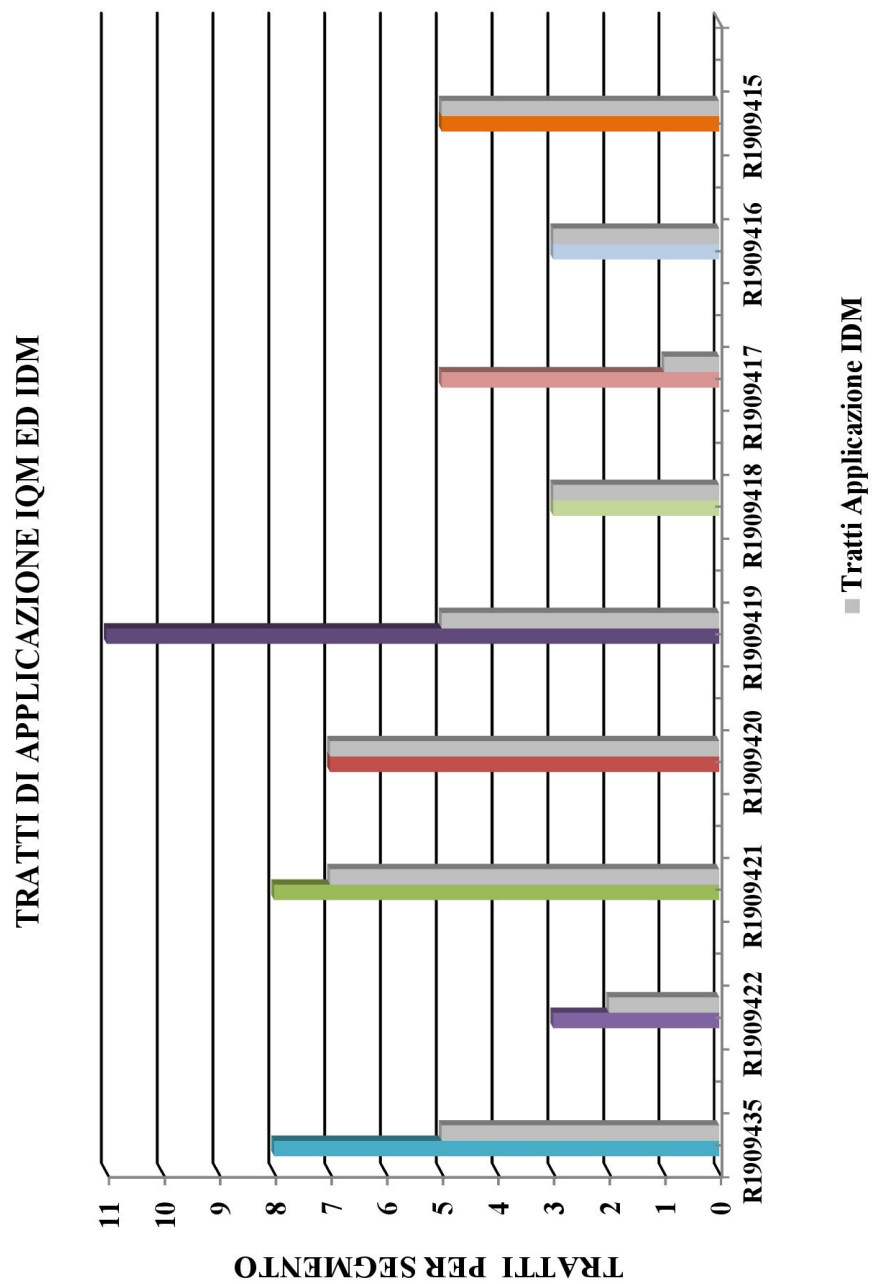


Figura 6.133- Numero tratti ottenuti per ciascun segmento e tratti di applicazione dell'IDM

FASE 2 - Evoluzione passata e valutazione delle condizioni attuali

Sottofase 1 - Analisi dell'evoluzione passata

L'implementazione della sottofase 1 ha riguardato le variazioni morfologiche riscontrate e le variazioni di larghezza nei tratti semi confinati e non confinati del Fiume Dittaino e dei suoi affluenti, utilizzando il materiale cartografico relativo all'anno 1954. Nella Figura 6.134 sono raffigurate in percentuale le variazioni morfologiche rapportate alla lunghezza dei segmenti. Si osserva come il Fiume Dittaino ed i suoi affluenti rispetto agli anni '50 non ha subito variazioni di configurazione morfologica per il 50,50%, mentre ha subito variazioni di configurazione morfologica tra tipologie contigue per il 49,50% della lunghezza totale dei tratti esaminati.

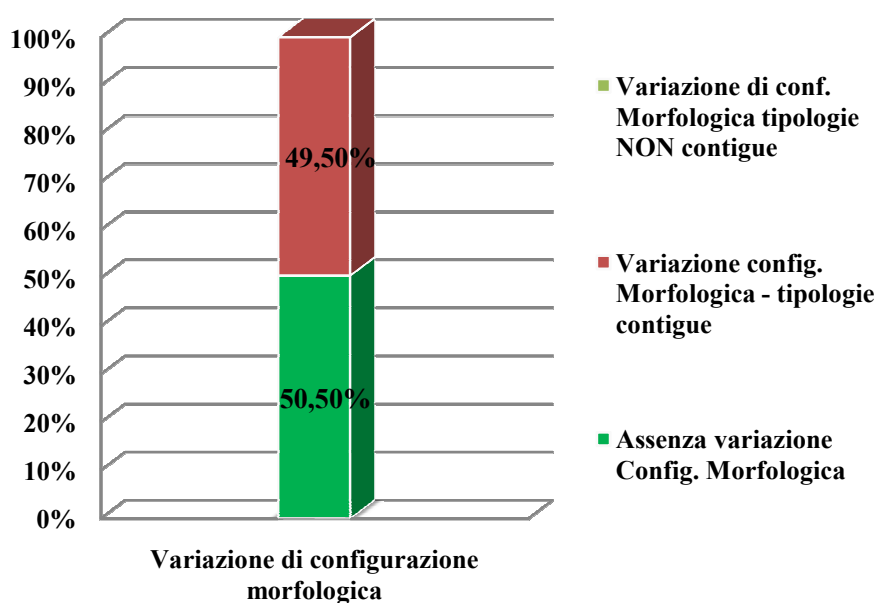


Figura 6.134 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino.

Riguardo alle Variazioni di larghezza, sono stati osservati il periodo 1954-2002, dove i due sottobacini presentano il 14,50% di allargamento intenso in rapporto alla lunghezza esaminata, il 23,00% di allargamento moderato, variazioni nulle o limitate per il 32,00%, un restringimento moderato per il 18,50% e un restringimento intenso per l'12,00% della lunghezza considerata. Nel periodo dal 2002 a oggi si è valutata una tendenza a un allargamento intenso dell'1,00%, un allargamento moderato dell'alveo pari al 30,50%, variazioni nulle o limitate per il 47,00%, un restringimento moderato per il 12,50% ed un restringimento intenso per l'9,00%. I risultati sono rappresentati in Figura 6.135.

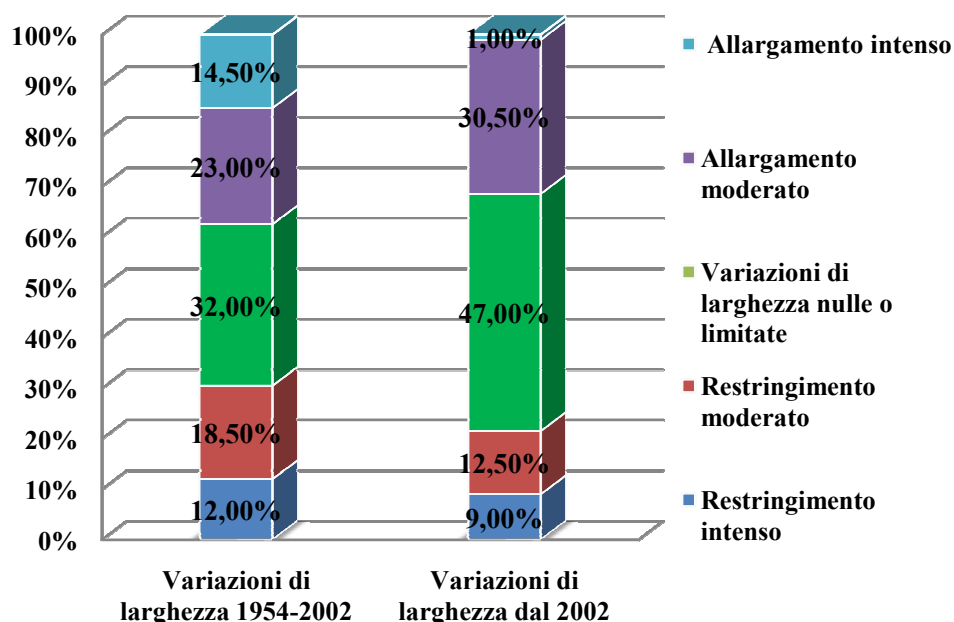


Figura 6.135 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino.

In merito alle Variazioni di fondo, non si possedevano dati attendibili e sufficienti per procedere ad una valutazione per i due sottobacini.

Sottofase 2 - Valutazione e analisi della Qualità Morfologica - IQM

Nella Sottofase 2 di valutazione della Qualità Morfologica per ciascun segmento sono stati analizzati gli aspetti riguardanti le Categorie *Funzionalità Geomorfologica* e *Artificialità*, con una valutazione degli Indicatori della Categoria *Variazioni morfologiche* contemporaneamente alla valutazione effettuata per la Dinamica Morfologica. Sono stati quindi ottenuti per tutti i tratti dei segmenti i valori degli Indici di Qualità Morfologica (IQM). Secondo quanto previsto nel Sistema, sono stati calcolati con media pesata per ciascun segmento gli IQM, di seguito si riporta una Tabella riassuntiva dei valori ottenuti e della relativa classe di qualità attribuita a ogni segmento del Fiume Dittaino (Tabella 6.10).

Tabella 6.10 - Riepilogo Indici IQM e classi di qualità relative ai segmenti del Fiume Dittaino.

MEDIE PESATE INDICI DI QUALITA' MORFOLOGICA (IQM) E CLASSI DI QUALITA'					
Bacino Idrogr.	Corso D'acqua	Cod. segmento	IAM=Indice di Alterazione Morfologica (0<IAM<1)	IQM=Indice di Qualità Morfologica (0<IQM<1)	Classi di Qualità Morfologica (IQM)
Simeto (sotto-bacino Dittaino Salito)	T. Crisa	R1909435	0,26	0,74	Buono
	T. Mulinello	R1909422	0,06	0,94	Elevato
	T. Calderari	R1909421	0,15	0,85	Elevato
	F. Dittaino/Bozzetta	R1909420	0,28	0,72	Buono
	V. Salito	R1909419	0,14	0,86	Elevato
Simeto (sotto-bacino Dittaino)	Dittaino	R1909418	0,34	0,66	Moderato
	V. Tenutella	R1909417	0,03	0,97	Elevato
	Dittaino	R1909416	0,36	0,64	Moderato
	Dittaino	R1909415	0,30	0,70	Buono

Dalla Tabella rappresentiamo i risultati ottenuti graficamente con l'istogramma di Figura 6.136, con il riepilogo degli indici IAM e IQM.

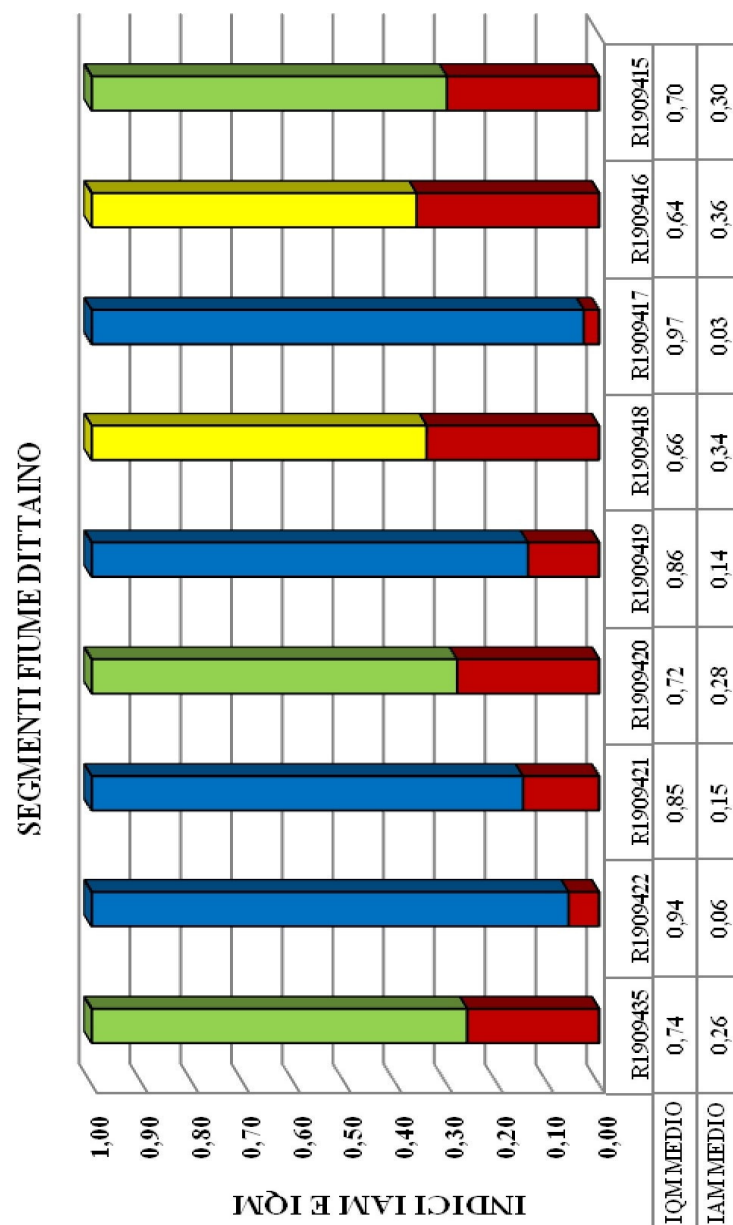


Figura 6.136 - Classi di qualità riscontrate nei segmenti analizzati del Fiume Dittaino.

Sebbene l'influenza antropica abbia sicuramente influito sulla qualità idromorfologica delle aree esaminate, sulla base delle osservazioni condotte e delle notizie disponibili sui segmenti analizzati, tenuto conto anche dell'ormai rallentata azione antropica di manutenzione delle opere di sistemazione idraulica costruite tra gli anni 50 e 60 del secolo scorso, le valutazioni hanno portato all'attribuzione degli Indici e classi di qualità riportati in Tabella e raffigurati nell'istogramma precedente.

Nel grafico seguente (Fig. 6.137) sono raffigurate in maniera globale le classi di qualità valutate ed attribuite ai segmenti del fiume Dittaino. Dall'osservazione del grafico, sulla base delle indagini condotte è stato valutato che il 33% dei tratti osservati ha, sotto l'aspetto della Qualità Morfologica, una classe di qualità buona, il 45% ha una classe di qualità elevata mentre il 22% dei segmenti ha una classe di qualità moderata.

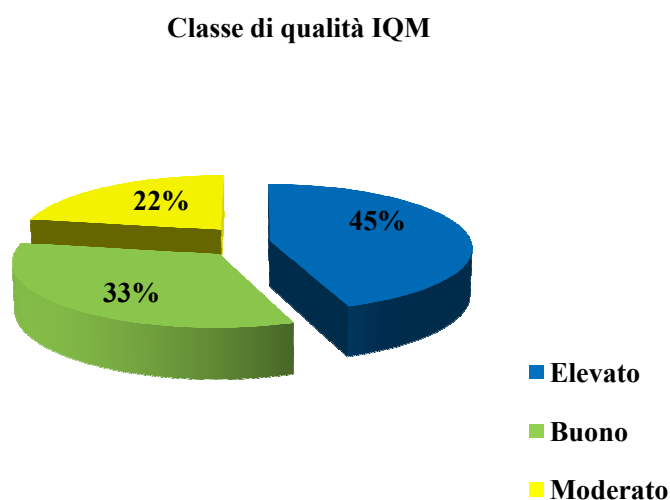


Figura 6.137 - Classi di qualità riscontrate nei segmenti analizzati del Fiume Dittaino.

Sottofase 3 -Valutazione e analisi della Dinamica Morfologica- IDM

Nella valutazione della dinamica morfologica, l'analisi ha riguardato per tutti i segmenti, gli aspetti e la valutazione delle Categorie *Morfologia e processi*, *Artificialità* e *Variazioni morfologiche*. Al termine dell'analisi effettuata si è ottenuto il punteggio e il valore dell'IDM per ogni tratto (Caggegi 2015; Greco 2015; Lazzaro 2015). Di seguito sono esposti i risultati ottenuti con l'applicazione del Sistema IDRAIM e l'Indice di Dinamica Morfologica ottenuto nei segmenti del Fiume Dittaino e dei suoi affluenti, riportati in Tabella 6.11 dove sono rappresentati per ciascun segmento i punteggi ed i valori minimi e massimi ottenuti relativamente all'Indice di Dinamica Morfologica.

Tabella 6.11 - Riepilogo indici e classi di dinamica morfologica relative al fiume Dittaino

Valutazione della Dinamica Morfologica Indici e Classi di Qualità IDM									
Bacino Idrografico	Corso D'acqua	Cod. segmento	IDM=Indice di Dinamica Morfologica (0.0<IDM<1.0)		CLASSI DI QUALITA' (IDM)				
			Valori osservati		Molto bassa	Bassa	Media	Elevata	Molto elevata
			Min	Max					
Simeto (sotto-bacino Dittaino-Salito)	T. Crisa	R1909435	0,48	0,63	-	-	2	3	-
	T. Mulinello	R1909422	0,63	0,67	-	-	-	2	-
	T. Calderari	R1909421	0,51	0,70	-	-	2	5	-
	F. Ditt/Bozzetta	R1909420	0,47	0,67	-	-	3	4	-
	V. Salito	R1909419	0,43	0,68	-	-	1	4	-
Simeto (sotto-bacino Dittaino)	F. Dittaino	R1909418	0,40	0,49	-	-	3	-	-
	V. Tenutella	R1909417	0,54	0,54	-	-	1	-	-
	F. Dittaino	R1909416	0,43	0,54	-	-	3	-	-
	F. Dittaino	R1909415	0,31	0,51	-	2	3	-	-

Le classi di qualità più elevate si trovano nelle zone più alte della rete idrografica. Nel Torrente Calderari (R1909421) si osserva un valore elevato per n. 5 tratti, nel Vallone Salito (R1909419) si osserva un valore dell' IDM elevato per n. 4 tratti, allo stesso modo nel Dittaino/Bozzetta (R1909420) n. 4 tratti presentano valori dell'IDM elevato. Gli altri segmenti (Torrente Mulinello - R1909422 e Torrente Crisa - R1909435) mantengono anch'essi dei valori dell'IDM abbastanza elevati pur presentando in alcuni tratti valori medi. Nel Dittaino/Bozzetta (R1909420) n. 3 tratti hanno valori medi poiché i corsi d'acqua sono influenzati dalla presenza di strutture artificiali come la Diga Nicoletti. La distribuzione delle classi di qualità di dinamica morfologica dimostra che i restanti segmenti (R1909418, R1909417 e R1909416) presentano tratti con classe media, mentre nell'ultimo segmento a valle (R1909415) si ha una qualità media (n. 3 tratti) e bassa (n. 2 tratti). I risultati ottenuti sono rappresentati nell'istogramma di Figura 6.138.

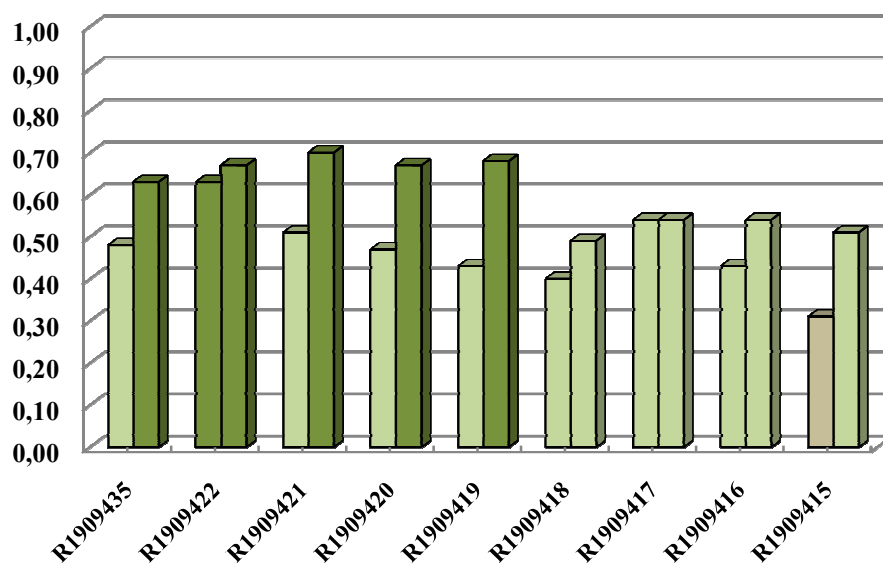


Figura 6.138 - Valori minimi e massimi degli indici IDM osservati relativi ai segmenti del Fiume Dittaino.

Nel grafico seguente (Fig. 6.139) sono riportate le classi di qualità valutate e attribuite per i segmenti del Fiume Dittaino e dei suoi affluenti. Sulla base delle indagini condotte sulle classi di qualità di dinamica morfologica, il 48% dei segmenti presenta una classe di qualità elevata in quanto presenta una certa instabilità con condizioni di naturalità, il 47% presenta una classe di qualità media mentre solo il 5% dei tratti esaminati presenta una classe di qualità bassa dovuto al controllo artificiale e conseguente stabilità.

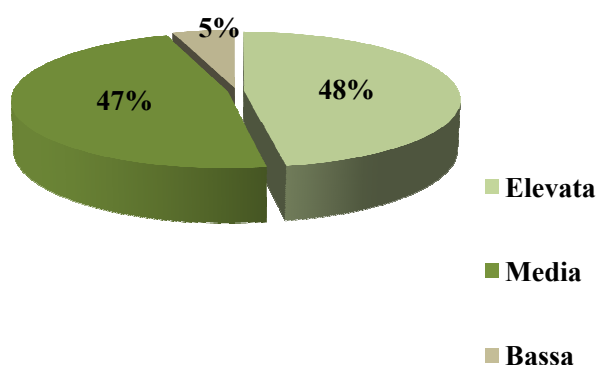


Figura 6.139 - Percentuali delle classi di qualità dell'IDM riscontrate nel Dittaino.

-

7 CONCLUSIONI

Nella attuale situazione sociale ed economica, l'ambiente riveste un'importanza notevole nelle politiche di gestione del territorio, finalizzate a salvaguardare le risorse naturali e garantire uno sviluppo sostenibile. Una gestione delle risorse naturali non può dissociarsi da un processo programmatico dell'uso razionale delle risorse naturali, presupposti che consentono alla società di mantenere un elevato livello della qualità della vita (Cannata, 2006). La pianificazione delle risorse naturali deve tenere in considerazione d'altra parte la complessità dei fenomeni ambientali e delle interrelazioni settoriali e disciplinari (AA.VV., 2009; Ferro, 2006; Golfieri *et al.*, 2011).

La ricerca svolta ha avuto per oggetto l'applicazione del Sistema IDRAIM nel sottobacino del Dittaino, tale procedura è stata messa a punto per valutare la Qualità e la Dinamica Morfologica dei corsi d'acqua secondo quanto richiesto dalle Direttive comunitarie Acque 2000/60/CE e Alluvioni 2007/60/CE. I risultati ottenuti dal lavoro svolto presso il Di3A dell'Università di Catania, con l'impiego di strumenti G.I.S. e procedure semiautomatiche, hanno riguardato l'applicazione del Sistema per la Fase 1, utilizzando i parametri previsti fino a giungere alla suddivisione finale in tratti, determinando tipologia di confinamento e morfologia dei tratti. Successivamente la Fase 2 è stata implementata per valutare la qualità morfologica del corso d'acqua, con l'ottenimento dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) su n. 53 tratti esaminati e la valutazione della dinamica morfologica, con la determinazione dell'Indice di Dinamica Morfologica (IDM) su n. 38 tratti, essendo esclusi dall'applicazione i tratti confinati (Rinaldi *et al.*, 2013). Per lo svolgimento delle attività di ricerca sono state utilizzate sia le Ortofoto disponibili sia le immagini satellitari reperibili sulla

piattaforma Google Earth™ che, grazie all'elevata risoluzione, hanno facilitato le misurazioni necessarie per alcuni indicatori e per lo studio delle Variazioni morfologiche e di larghezza. Considerazione particolare è stata rivolta alle variazioni planimetriche evidenziate negli ultimi 50-60 anni, grazie alla disponibilità delle foto aeree del volo IGM GAE degli anni '50 nel frattempo acquisite dal Di3A.

Il lavoro svolto ha evidenziato tuttavia alcuni limiti e criticità che si reputa opportuno evidenziare. Una prima criticità ha riguardato l'interpretazione delle foto aeree degli anni '50 per la scadente risoluzione delle stesse, che ha implicato alcune complessità interpretative nelle valutazioni e misurazioni di alcuni indicatori. Allo stesso modo altre immagini a disposizione hanno suscitato talvolta dubbi e perplessità interpretative, non sempre risolvibili con i sopralluoghi in campo. Le criticità maggiori hanno riguardato tuttavia il sistema di risposte codificate nelle schede del Sistema. Innanzitutto occorre considerare come siano state messe a punto per territori con caratteristiche differenti da quelle oggetto della attuale ricerca. Gli indicatori sono stati concepiti per ambiti territoriali diversi come condizioni geomorfologiche e regime idrologico, sia per quanto riguarda la determinazione degli Indici di Qualità Morfologica che per la valutazione degli Indici di Dinamica Morfologica. L'attribuzione delle risposte per gli indicatori utilizzati può inoltre essere affetta da soggettività e diventa talora complessa. Si rileva la necessità di avere una serie di informazioni più ampie e più specifiche per i diversi ambiti territoriali al fine di ridurre le possibilità di errore applicativo nella valutazione di ciascun indicatore. Gli stessi autori, con riferimento al Sistema e pertanto agli indicatori utilizzati nella Fase 2 (Rinaldi *et al.*, 2013) affermano “.....*diversi indicatori possono apparire come estremamente semplificati, e la loro valutazione si basa su una serie di informazioni limitate*”..

Un altro aspetto riguarda il numero degli indicatori del Sistema per la valutazione dello stato attuale (IQM) che è apparso elevato. Le criticità, riguardano pertanto sia il numero e la qualità degli indicatori che le risposte codificate. Tuttavia ricerche in precedenza fatte dagli stessi autori dimostrano la validità degli indicatori di valutazione e l'utilità del numero e della tipologia espressi. I limiti possono tuttavia essere imputati anche al fatto che il metodo è stato inizialmente concepito per un suo utilizzo da parte degli Enti pubblici, che necessitavano per il calcolo dell'IQM di una metodologia di immediata applicabilità (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b). Nonostante il Sistema IDRAIM presenti delle limitazioni e delle criticità come prima esposto, il lavoro di ricerca effettuato ha consentito di pervenire a dei risultati che rappresentano un valido punto di partenza per un successivo miglioramento e approfondimento.

Il Sistema è sicuramente suscettibile di miglioramenti per quanto riguarda il numero e la qualità degli indicatori con gli opportuni adattamenti alle diverse realtà territoriali italiane. Il campo di applicazione del Sistema IDRAIM riguarda sicuramente la progettazione di interventi di riqualificazione e tutela dei corsi d'acqua, previsto nella Fase 4. Seppur esso non appare allo stato attuale in grado di fornire precise indicazioni progettuali relative al miglioramento delle condizioni da dinamica morfologica del corso d'acqua, costituisce tuttavia un idoneo strumento a supporto della valutazione del rischio da dinamica morfologica. (Rinaldi *et al.*, 2011a; Rinaldi *et al.*, 2011b; Rinaldi *et al.*, 2011c; Rinaldi M. *et al.*, 2014). Un altro aspetto che occorre ricordare è relativo alla valutazione della qualità morfologica e dello stato ecologico del corso d'acqua. Le due valutazioni sopra richiamate fanno riferimento a norme e obiettivi diversi, opportuni adattamenti potrebbero coordinare gli aspetti comuni ed evidenziare quelli contrastanti. Una valutazione dei processi geomorfologici

in atto dovrebbe essere seguita dall'attività di monitoraggio prevista nella Fase 3, con l'ausilio di modelli quantitativi opportunamente tarati per le condizioni geomorfologiche e idrologiche affini al bacino oggetto di analisi (Lenzi *et al.*, 2000). Un sistema di valutazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua sotto l'aspetto idromorfologico e della dinamica morfologica, per l'attuazione di modelli di progettazione ed esecuzione di interventi integrati di difesa e riequilibrio ambientale, richiede una valutazione delle variazioni dello stato idromorfologico (Bazzani *et al.*, 1993; Barbagallo *et al.*, 1993; Regione Piemonte, 2008).

In attuazione delle Direttive Comunitarie gli Enti preposti alla gestione del territorio, avvalendosi del sistema IDRAIM opportunamente adattato per i corsi d'acqua oggetto di applicazione, potrebbero avviare una costante attività di monitoraggio morfologico, sia sotto l'aspetto dello stato ecologico che della dinamica morfologica. Le modifiche, come precedentemente analizzato, dovrebbero riguardare il numero, la qualità degli indicatori e le risposte codificate, per essere utilizzati da Enti ed organismi preposti quale supporto per la progettazione e realizzazione di interventi sistematori in ambito fluviale.

Bibliografia

- AA.VV. (2009). *Riqualificazione fluviale*. Atti del 1° Convegno italiano sulla Riqualificazione Fluviale. Sarzana, 18-19 giugno 2009. www.cirf.org
- AA.VV. (2012). *Riqualificazione fluviale e gestione del territorio*. Atti del secondo convegno italiano sulla riqualificazione fluviale. Bolzano, 6-7 novembre 2012. Bozen-Bolzano University Press.
- APAT (2007) - Dipartimento stato dell'ambiente controlli e sistemi informativi. *IFF2007, Indice di Funzionalità Fluviale. Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata*. Manuale APAT 2007, 321 pp
- ARPA PIEMONTE, (2013) *La valutazione della Qualità Morfologica dei corsi d'acqua- Applicazione dell'Indice di Qualità Morfologica (IQM) al Torrente Orba (confine regionale – confluenza T. Stura)- a cura di Mandarino A - Collana informativa tecnico-scientifica - Quaderno 22*.
- BARBAGALLO S., VELLA P., ZIMBONE S.M., (1993). *Indagine sugli effetti degli interventi di sistemazione idraulica montana nel bacino del fiume Simeto*. Rivista di Ingegneria Agraria n. 1.
- BARBANO A., BRACA G., BUSSETTINI M., DESSI' B., INGHILESI R., LASTORIA B., MONACELLI G., MORUCCI S., PIVA F., SINAPI L., SPIZZICHINO D., (2012). *Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio*. Istituto Superiore Per la Ricerca Ambientale – Manuali e Linee Guida 82/2012. Roma, luglio 2013.
- BARUFFI F., RUSCONI A., SURIAN N. (2004). *Le fasce di pertinenza fluviale nella pianificazione dei bacini idrografici: aspetti metodologici ed applicazioni*. Atti Convegno Interpraevent, Riva del Garda, Maggio 2004.
- BILLI P. (1988). *Morfologie fluviali*. Giornale di Geologia, Serie 3a 50(1-2), 27-38.
- BILLI P., RINALDI M., SIMON A. (1997). *Disturbance and adjustment of the Arno River, Central Italy. I: Historical perspective, the last 2000 years*. In: Wang, S.S.Y., Langendoen, E.J., Shields, Jr.
- BRAVARD J.P., 1989. *La métamorphose des rivières des Alpes françaises a la fin du Moyen-Age et al'époque moderne*. Bulletin de la Société Géographie de Liège 25, 145-157.
- BRICE J.C. (1975). *Airphoto interpretation of the form and behaviour of alluvial rivers*. Report to the U.S. Army Research Office. BRIERLEY G.J.,
- FRYIRS K.A. (2005). *Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework*,. Blackwell Publishing, 398 pp.

- BUFFAGNI A., ERBA S. & CIAMPITELLO M. (2005). *Il rilevamento idromorfologici e degli habitat fluviali nel contesto della direttiva europea sulle acque (WFD): principi e schede di applicazione del metodo Caravaggio*. Notiziario dei metodi analitici, 2, Istituto di Ricerca sulle Acque, CNR IRSA, 32–34.
- BUSSETTINI M., RINALDI M., SURIAN N., COMITI F. (2013). *Idromorfologia dei corsi d'acqua e Direttive Europee*. L'ACQUA 5-6/2013 pp. 113-122.
- CAGGEGI A., (2015). “*Applicazione del sistema IDRAIM al Sottobacino Dittaino-Salito (Sicilia Orientale)*”. Relatore Prof. Ing. Giuseppe Cirelli. Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A), Catania.
- CANNATA G. (2006). *Acque, fiumi, pianificazione dei bacini idrografici: l'uso del suolo come difesa. Atti del convegno internazionale Fiume, paesaggio e difesa del suolo. Superare le emergenze, cogliere le opportunità*. Firenze, maggio 2006. Firenze University Press, 2007.
- CANUTI P., CASAGLI N. (1994). *Considerazioni sulla valutazione del rischio da frana*. CNRGNDCI, Tipografia Risma, Firenze.
- CARSON M.A. (1984). *Observations on the meandering-braided river transition, Canterbury Plains, New Zealand: part two*. New Zealand Geographer 40, 89–99.
- CENCETTI C., DE ROSA P., FREDDUZZI A. (2010). *L'Indice di Qualità Morfologica (IQM) dei corsi d'acqua: applicazione del metodo di valutazione al F. Chiani (Italia centrale)*. Atti della 14a Conferenza Nazionale ASITA – Brescia 9-12 novembre 2010.
- CHURCH M.A. (1983). *Pattern of instability in a wandering gravel bed channel*. In: J.D. Collison & J.Lewin (Eds.), *Modern and Ancient Fluvial Systems*, IAS, Spec. Publ. 6, 169-180.
- CIRF (2006). *La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. A cura di: Nardini A. e Sansoni G., Mazzanti Editori, Venezia, 832 pp.
- COMITI F. (2012). *How natural are Alpine mountain rivers? Evidence from the Italian Alps*. EarthSurface Processes and Landforms, DOI:10.1002/esp.2267.
- COMITI F., CANAL M. Da, SURIAN N. , MAO L. , PICCO L., LENZI M.A. *Channel adjustments and vegetation cover dynamics in a large gravel bed river over the last 200 years*. *Geomorphology* 125 (2011) pp. 147–159.

- D'AGOSTINO V., LENZI M.A., SONDA D. (2000). *La strutturazione fluvio-morfologica dei corsi d'acqua montani*. Atti del Convegno "La gestione dell'erosione", Trento, 28 maggio., Quaderni di Idronomia, 19/1, Atti del Convegno: "La gestione dell'erosione – scienza tecnica e strumenti a confronto per il controllo dei fenomeni torrentizi", Trento, 28-29 Maggio 1999, pp. 87-102, Bios, Cosenza.
- DARBY S. E., VAN DE WIEL M. J. (2003). *Models in Fluvial Geomorphology*. In: Kondolf G.M., Piegay H. (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*, John Wiley & Sons Ltd, 503-537.
- DUFOUR S., PIÉGAY H. (2009). *From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits*. *River Research and Applications*, 25, 568-581.
- EUROPEAN COMMISSION (2000). *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy*. Official Journal L 327, 22/12/2000, Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2003). *Rivers and Lakes—Typologies, Reference Conditions and Classification Systems. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)*, Guidance document n. 10, Brussels.
- EUROPEAN COMMISSION (2007). *Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the Assessment and Management of Flood Risks*. Official Journal L 288/27, 6/11/2007, Brussels.
- FERNANDEZ D., BARQUIN J., RAVEN P.J. (2011). *A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols*. *Limnetica* 30(2):217-234.
- FERRO V., (2006). *La sistemazione dei bacini idrografici*. McGraw-Hill, 848 pp.
- FONSTAD M.A. (2003). *Spatial variation in the power of mountain streams in the Sangre de Cristo Mountains, New Mexico*. *Geomorphology*, 55, 75-96.
- FRYIRS, K.A., ARTHINGTON, A., GROVE, J. (2008). *Principles of river condition assessment*. In: Brierley, G., Fryirs, K.A. (Eds.), *River Futures. An Integrative Scientific Approach to River Repair*. Society for Ecological Restoration International, Island Press, Washington, USA, 100-124.

- GISOTTI G. (2006). *Acque fiumi e paesaggi fluviali: una lettura in chiave idro-geo-morfologica*. Atti del convegno internazionale "Fiume, paesaggio e difesa del suolo. Superare le emergenze, cogliere le opportunità." Firenze, maggio 2006. Firenze University Press, 2007.
- GOLFIERI B., SURIAN N., HANDERSEN S. e MAIOLINI B., (2011). *Assessment of morphological and ecological conditions of Italian alpine rivers using the Morphological Quality Index (IQM) and Odonata*. Atti: Geoitalia 2011, VII Forum italiano di Scienze della Terra. B3 – Habitat. 1-3.
- GRECO F., (2015). *La valutazione della dinamica morfologica dei corsi d'acqua: applicazione al Sottobacino Dittaino (Sicilia Orientale)*. Relatore Prof. Ing. Giuseppe Cirelli. Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A), Catania.
- HABERSACK, H., PIÉGAY, H. (2008). *River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges*. In: Habersack, H., Piégay, H., Rinaldi, M. (Eds.), *Gravel-bed Rivers VI - From Process Understanding to River Restoration*,. Developments in Earth Surface Processes, Elsevier, 703-738.
- HUPP C.R., RINALDI M. (2007). *Riparian vegetation patterns in relation to fluvial landforms and channel evolution along selected rivers of Tuscany (Central Italy)*. *Annals of the Association of American Geographers*, 97 (1), 12-30.
- KNIGHTON A.D. (1999). *Downstream variation in stream power*. *Geomorphology*, 29, 293-306.
- KONDOLF, G.M., PIÉGAY, H., SEAR, D. (2003). *Integrating geomorphological tools in ecological and management studies*. In: Kondolf, G.M., Piégay, H. (Eds.), *Tools in Fluvial Geomorphology*. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 633-660.
- LAWLER D.M. (1992). *Process dominance in bank erosion systems*. In: P.A. Carling & G.E. Petts (Eds.), *Lowland Floodplain Rivers: Geomorphological Perspectives*, Wiley, 117-143.
- LAZZARO B., (2015). *“La valutazione della qualità morfologica dei corsi d'acqua: Il caso studio del Fiume Dittaino (Sicilia Orientale)”*. Relatore Prof. Ing. Attilio Toscano. Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A), Catania.
- LENZI M.A., D'AGOSTINO V. & SONDA D., (2000). *Ricostruzione morfologica e recupero ambientale dei torrenti. Criteri metodologici ed esecutivi*. Editoriale Bios, 208 pp.

- LEOPOLD L.B., WOLMAN M.G. (1957). *River channel patterns: braided, meandering and straight*. US. Geol. Surv., Prof. Paper, 282-B, 39-85.
- LOREGGIAN M., (2013). *“Applicazione dell’indice di qualità morfologica (IQM) a tredici tratti dei torrenti Fiorentina e Cordevole*. Relatore Lenzi M.A. Correlatore Rigon E. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.
- MALAVOI J.R., BRAVARD J.P. (2010). *Elements d’hydromorphologie fluviale*. ONEMA, Baume- Les-Dames, France, 224 pp.
- MARCHETTI M. (2000). *Geomorfologia fluviale*. Pitagora ed., Bologna.
- MINISTERO DELL’AMBIENTE, DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, Direzione Generale Territorio, Risorse Idriche (2013) – *Indirizzi operativi per l’attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni (Decreto Legislativo n. 49/2010)*, 35 pp.
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M. (1993), *Channel classification, prediction of channel response and assessment of channel condition*, Report TFW-SH10-93-002. Department of Geological Sciences and Quaternary Research Center, University of Washington, Seattle.
- MONTGOMERY D.R., BUFFINGTON J.M. (1997). *Channel-reach morphology in mountain drainage basins*. Geological Society of America Bulletin, 109 (5), 596-611.
- MONTGOMERY, D.R. (2008). *Dreams of natural streams*. Science 319, 291-292.
- MURRAY A.B., PAOLA C. (1994). *A cellular model of braided rivers*. Nature, 371, 54-57.
- NANSON G.C. (2013). *Anabranching and anastomosing rivers*. In: John F. Shroder (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Volume 9, pp. 330-345. San Diego: Academic Press.
- NANSON G.C., CROKE J.C. (1992). *A genetic classification of floodplains*. Geomorphology, 4, 459-486.
- NARDI L. RINALDI M., (2015) *The Magra River (Italy): Effects of the 25th October 2011 Flood Event and a Preliminary Application of the IDRAIM Framework*. G. Lollino et al. (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory – Volume 3*, Springer International Publishing Switzerland 2015.
- NARDINI A., SANSONI G, SCHIPANI I, CONTE G, GOLTARA A, BOZ B, BIZZI S, POLAZZO A, MONACI M (2008). *Problemi e limiti della*

Direttiva Quadro sulle Acque. Una proposta integrativa: FLEA (FLuvial Ecosystem Assessment). *Biologia Ambientale*, 22 (2).

- PETTS, G.E., MÖLLER, H., ROUX, A.L. (Eds.) (1989). *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*. John Wiley & Sons.
- PIÉGAY H., DARBY S. E. MOSSELMAN E., SURIAN N. (2005). *A review of techniques available for delimiting the erofible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion*. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.881, 21, 773-789.
- REGIONE PIEMONTE - Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste - Settore Idraulica Forestale e Tutela del Territorio (2008). *Atti del Seminario nazionale "Il ruolo della vegetazione ripariale e la riqualificazione dei corsi d'acqua"(To, Italy)*. Centro stampa Regione Piemonte.
- REGIONE SICILIANA – Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio (2000) *"Piano Straordinario per l'assetto idrogeologico"*. D.A. n. 298/41 del 04-07-00 - Palermo.
- REGIONE SICILIANA – Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio (2002), *"Aggiornamento del Piano Straordinario per l'assetto idrogeologico"*. D.A. n. 543 del 22-07-02 - Palermo.
- REGIONE SICILIANA – Assessorato Territorio e Ambiente Dipartimento Territorio Servizio Assetto del Territorio e difesa del Suolo (2004). *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* – Palermo.
- RIGON E., MORETTO J., RAINATO R., LENZI M., ZORZI A. (2013). *Evaluation of the morphological quality index in the Cordevole river (Bl, Italy)*. *Journal of Agricultural Engineering* 2012; XLIV:e15.
- RINALDI M. (2006). *La prospettiva geomorfologica e le applicazioni nella gestione degli alvei fluviali*. *Atti Giornate di Studio: Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti. Applicazioni nel bacino del Magra*. Sarzana, 24-25 Ottobre 2006, Autorità di Bacino del Fiume Magra, 39-58.
- RINALDI M. (2008). *Schede di rilevamento geomorfologico di alvei fluviali*. *Il Quaternario*, 21(1B), 353- 366.
- RINALDI M. SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., (2011c). *The morphological quality index (MQI) for stream evaluation and hydromorphological classification*. *Italian Journal of Engineering Geology and environment*, 1, 2011.

- RINALDI M., SIMONCINI C. (2006). *Studio geomorfologico del Fiume Magra e del Fiume Vara finalizzato alla gestione dei sedimenti e della fascia di mobilità* - Autorità di Bacino del Fiume Magra, Giornata di studio: Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti, Sarzana (SP), 24-25 Ottobre 2006, pp. 93-109.
- RINALDI M., SIMONCINI C., PIÉGAY H. (2009). *Scientific strategy design for promoting a sustainable sediment management: The case of the Magra River* (Central-Northern Italy). *River Research and Applications*, DOI: 10/1002/rra.1243, 25, 607-625.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. (2011b). *Guida Illustrata alle Risposte – Appendice al Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua - Versione 1*, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, 63 pp.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., (2011a). *Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua. Versione 1*. Istituto Superiore Per la Ricerca Ambientale, Roma.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., (2013). *A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI)*. *Geomorphology* 180-181: 96-108.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., (2014). *IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua*. Istituto Superiore Per la Ricerca Ambientale – Manuali e Linee Guida 113/2014. Roma, giugno 2014.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., NARDI L., LASTORIA B. (2015). *IDRAIM: A Methodological Framework for Hydromorphological Analysis and Integrated River Management of Italian Streams*. I G. Lollino et al. (eds.), *Engineering Geology for Society and Territory – Volume 3*, Springer International Publishing Switzerland 2015.
- RINALDI M., TERUGGI L., SIMONCINI C., NARDI L., (2008). *Dinamica recente ed attuale di alvei fluviali: alcuni casi studio appenninici (Italia centro-settentrionale)*. *Il Quaternario*, 21 (1B) pp. 291-302.
- ROSGEN D.L., (1994). *A classification of natural rivers*. Catena, Vol. 22, 169-199. Elsevier Science, B.V., Amsterdam. 117.
- RUMSBY B.T., MACKLIN M.G., (1996). *European river response to climate changes over the last neoglacial cycle (the "Little Ice Age")*. In: Branson, J., Brown, A.G., Gregory, K.J. (Eds.), *Global Continental*

Changes: the Context of Palaeohydrology. Geological Society Special Publication 115: 217-233

- SCHUMM S.A., (1977). *The Fluvial System*. Wiley, New York, 338 pp.
- SEAR D.A., NEWSON M.D., THORNE C.R. (2003). Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology. Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme, R&D Technical Report FD1914, 233 pp.
- SHIELDS F.D. JR., COPELAND R.R., KLINGEMAN P.C., DOYLE M.W., SIMON A. (2003). Design for stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 575-584.
- SURIAN N. e RINALDI M., (2003). *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy*. *Geomorphology*, 50 (4), 307-326.
- SURIAN N., ZILIANI L., COMITI F., LENZI M. A., MAO L. (2009). *A channel adjustments and alteration of sediment fluxes in gravel-bed rivers of north-eastern Italy: potential and limitations for channel recovery*. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.1231, 25, 551-567.
- TERUGGI L.B., BILLI P. (1998). *Sedimentology of a pseudomeandering river* (Cecina R., central Italy). *Giornale di Geologia* 59 (1 – 2): 267 – 272.
- WOHL, E.E., ANGERMEIER, P.L., BLEDSOE, B., KONDOLF, G.M., MCDONNELL, L., MERRITT, D.M., PALMER, M.A., POFF, L., TARBOTON, T. (2005). *River Restoration*. *Water Resources Research* 41, W10301, doi: 10.1029/2005WR003985.
- ZANONI L., GURNELL A., DRAKE N., SURIAN N., (2008). *Island dynamics in a braided river from analysis of historical maps and air photographs*. *River Research and Applications* 24 (8), 1141–1159.

Elenco Figure

Figura 1.1 – Obiettivi generali e specifici dell'attività di ricerca.

Figura 1.2 - Flow chart sull'articolazione dell'attività di ricerca.

Figura 2.1 - Il corso d'acqua paragonato a un nastro trasportatore di sedimenti (da ADBPO, 2008a, modificato da Kondolf, 1994, Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 2.2 - Grado di confinamento e dimensioni dei corsi d'acqua nelle diverse zone del bacino (modificato da Brierley e Fryirs, 2005 e da Church, 1992; Rinaldi, *et al.*, 2014).

Figura 2.3 - Morfologie di alvei alluvionali a scala di tratto (modificato da Montgomery e Buffington, 1997).

Figura 2.4 - Morfologie dei corsi d'acqua montani a proposito alle condizioni di capacità di trasporto (*transport capacity*) e di alimentazione di sedimenti (*sediment supply*) (da Montgomery, e Buffington, 1997).

Figura 2.5 - Le morfologie fluviali secondo Schumm, 1997.

Figura 2.6 - Schema di classificazione di 41 tipi morfologici suddivisi in 8 categorie principali (A-G) (Rosgen, 1994).

Figura 2.7 - Schema di classificazione delle variazioni morfologiche di fiumi italiani, modificato da Surian e Rinaldi, 2003, (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 3.1 Suddivisione gerarchica delle scale spaziali (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 3.2 - Rapporti tra scale temporali e scale unità spaziali di indagine (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.1 - Fasi del Sistema IDRAIM riguardo ai contesti spaziali e temporali (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.2 - Sottofasi della Fase 1 (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.3 - Divisione della sottofase 2 in STEP (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.4 - Criteri di classificazione morfologica basati sul tipo di ambito fisiografico, sul confinamento, sulla forma planimetrica e sulla configurazione del fondo. La classificazione morfologica funzionale alla suddivisione in tratti si basa sul numero di canali e sulla forma planimetrica, mentre a un successivo livello di approfondimento si può procedere alla classificazione della configurazione del fondo (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.5 - Alveo rettilineo Torrente varrone Dervio (Wikipedia)

Figura 4.6 - Alveo sinuoso.

Figura 4.7 - Alveo meandriforme.

Figura 4.8 - Alveo wandering.

Figura 4.9 - Alveo sinuoso a barre alternate.

Figura 4.10 - Alveo a canali intrecciati.

Figura 4.11 - Alveo anabranching.

Figura 4.12 - Principali morfologie a scala di unità in alvei alluvionali a pendenza elevata (modificato da Halwas e Church, 2002; Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.13 - Suddivisione della Fase 2 in sotto-fasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.14 - Traiettorie di evoluzione e condizione di riferimento. Qualunque condizione di riferimento intesa come precisa configurazione morfologica è un punto arbitrariamente scelto lungo la traiettoria di evoluzione (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.15 - Suddivisione della Fase 3 in sottofasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.16 - Suddivisione della Fase 4 in sotto-fasi (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 4.17 - Struttura schematica dei due percorsi finalizzati all'individuazione delle possibili azioni di gestione (Rinaldi *et al.*, 2014).

Figura 5.1 - Cartografie utilizzate IGM 1954 e Ortofoto a colori 2008.

Figura 5.2 - Bacino del Simeto ubicazione dei Sottobacini Dittaino-Salito e Dittaino.

Figura 5.3 - Carta dei tipi e delle unità fisiografiche (Fonte ISPRA)

Figura 5.4 - Principali unità fisiografiche attraversate dai corsi d'acqua in esame, (Lazzaro, 2015).

Figura 5.5 - Definizione del grado di confinamento e suddivisione preliminare dei segmenti in tratti (Lazzaro, 2015).

Figura 5.6 - Morfologie dell'alveo dei tratti del Fiume Dittaino.

Figura 5.7 - Fiume Dittaino: suddivisione dei segmenti in tratti (Lazzaro, 2015).

Figura 6.1 - Immagine segmento R1909435 Torrente Crisa e suddivisione in tratti.

Figura 6.2 - Unità fisiografiche del Torrente Crisa (segmento R1909435)

Figura 6.3 - Classi di confinamento del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.4 - Tipologie d'alveo del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.5 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.6 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.7 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.8 - Istogramma delle risposte attinenti le Funzionalità geomorfologica del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.9 - Istogramma delle risposte inerenti le Artificialità del Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.10 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.11 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.12 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.13 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Crisa - segmento R1909435.

Figura 6.14 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Torrente Crisa (segmento R1909435).

Figura 6.15 - Immagine segmento R1909422 T. Mulinello e suddivisione in tratti.

Figura 6.16 - Unità fisiografiche per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.17 - Classi di confinamento del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.18 - Tipologie d'alveo del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.19 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.20 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.21 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.22 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.23 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.24 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.25 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.26 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.27 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.28 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Torrente Mulinello (segmento R1909422).

Figura 6.29 - Immagine segmento R1909421 T. Calderari e suddivisione in tratti.

Figura 6.30 - Unità fisiografiche per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.31 - Classi di confinamento del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.32 - Tipologie d'alveo del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.33 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.34 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.35 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.36 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.37 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Torrente Calderari - segmento R1909421 (Lazzaro B. 2015).

Figura 6.38 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.39 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.40 - Istogramma dei valori di Artificialità del Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.41 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Torrente Calderari - segmento R1909421

Figura 6.42 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Torrente Calderari (segmento R1909421).

Figura 6.43 - Immagine segmento R1909420 Fiume Dittaino/Bozzetta e suddivisione in tratti.

Figura 6.44 - Unità fisiografiche per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.45 - Classi di confinamento Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.46 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.47 - Immagine del tratto a valle della Diga Nicoletti del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.48 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.49 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.50 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.51 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.52 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.53 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.54 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.55 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.56 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino/Bozzetta (segmento R1909420).

Figura 6.57 - Immagine segmento R1909419 Vallone Salito e relativa suddivisione in tratti.

Figura 6.58 - Unità fisiografiche per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.59 - Classi di confinamento Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.60 - Tipologie d'alveo del Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.61 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.62 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.63 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.64 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.65 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.66 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.67 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.68 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Vallone Salito – (segmento R1909419).

Figura 6.69 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.70 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Vallone Salito (segmento R1909419).

Figura 6.71 - Immagine segmento R1909418 del Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Figura 6.72 - Unità fisiografiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.73 - Classi di confinamento Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.74 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.75 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.76 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.77 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.78 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.79 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.80 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.81 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.82 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Fiume Dittaino - segmento R1909418.

Figura 6.83 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.84 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino (segmento R1909418).

Figura 6.85 - Immagine segmento R1909417 Vallone della Tenutella e suddivisione in tratti.

Figura 6.86 - Unità fisiografiche per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.87 - Classi di confinamento Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.88 - Tipologie d'alveo del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.89 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.90 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.91 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.92 - Istogramma delle risposte relative alle Funzionalità geomorfologica Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.93 - Istogramma delle risposte relative alle Artificialità del Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.94 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.95 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.96 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.97 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.98 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Vallone della Tenutella (segmento R1909417).

Figura 6.99 - Immagine segmento R1909416 del Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Figura 6.100 - Unità fisiografiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.101 - Classi di confinamento Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.102 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.103 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.104 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.105 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.106 - Istogramma delle risposte attinenti le Funzionalità geomorfologica Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.107 - Istogramma delle risposte inerenti le Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.108 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.109 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.110 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.111 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.112 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino (segmento R1909416).

Figura 6.113 - Immagine segmento R1909415 Fiume Dittaino e suddivisione in tratti.

Figura 6.114 - Unità fisiografiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.115 - Classi di confinamento Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.116 - Tipologie d'alveo del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.117 - Immagine di uno dei tratti esaminati del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.118 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.119 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.120 - Istogramma delle risposte attinenti le Funzionalità geomorfologica Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.121 - Istogramma delle risposte inerenti le Artificialità del Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.122 - Istogramma degli Indici IAM e IQM e grafico classi di qualità IQM per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.123 - Istogramma dei valori di Morfologia e Processi per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.124 - Istogramma dei valori di Artificialità per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.125 - Istogramma dei valori di Variazioni Morfologiche per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.126 - Istogramma e grafico delle classi di qualità IDM per il Fiume Dittaino (segmento R1909415).

Figura 6.127 - Immagine del Fiume Dittaino e relativa suddivisione in tratti.

Figura 6.128 - Ambiti fisiografici riscontrati nel Fiume Dittaino.

Figura 6.129 - Unità fisiografiche riscontrate nel Fiume Dittaino.

Figura 6.130 - Classi di confinamento riscontrate nel fiume Dittaino.

Figura 6.131 - Tipologie d'alveo riscontrate nel Fiume Dittaino

Figura 6.132 - Lunghezze totali dei segmenti esaminati nel Fiume Dittaino.

Figura 6.133 - Numero tratti ottenuti per ciascun segmento e tratti di applicazione dell'IDM

Figura 6.134 - Istogramma della percentuale di Variazioni Morfologiche rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino.

Figura 6.135 - Istogramma della percentuale di Variazioni di larghezza rapportate alla lunghezza totale dei tratti esaminati per il Fiume Dittaino.

Figura 6.136 - Media ponderata degli Indici IQM ed IAM relativi ai segmenti individuati nel Fiume Dittaino.

Figura 6.137 - Classi di qualità riscontrate nei segmenti analizzati del Fiume Dittaino.

Figura 6.138 - Valori minimi e massimi degli indici IDM osservati relativi ai segmenti del Fiume Dittaino.

Figura 6.139 - Percentuali delle classi di qualità dell'IDM riscontrate nel Dittaino

Elenco Tabelle

- **Tabella 4.1** - Classi di confinamento sulla base del Gc e Ic. (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.2** - Differenze tra le varie morfologie fluviali in termini di indici di sinuosità, intrecciamento e *anabranching* (in grassetto i valori di soglia dei parametri caratterizzanti, quando definibili) oppure in termini di altre caratteristiche morfologiche distintive (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.3** - Morfologie fluviali preferenziali in relazione ai principali ambiti fisiografici di pianura in Italia.
- **Tabella 4.4** - Valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua: suddivisione in categorie e aspetti trattati (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.5** – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la componente Funzionalità geomorfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.6** - Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la componente Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.7** - Indicatori, campi di applicazione e punteggi per la componente Variazioni morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.8** - Classi e punteggi di qualità morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.9** – Indicatori, campi di applicazione e punteggi per l'Indice di Dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.10** - Classi e relativi punteggi di dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 4.11** - Sintesi delle principali caratteristiche di modelli previsionali in Geomorfologia Fluviale (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.1** - Scheda di valutazione della Qualità Morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).

- **Tabella 5.2** - Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori della Funzionalità Geomorfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.3** - Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori della Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.4** - Valutazione della Qualità Morfologica: Indicatori delle Variazioni morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.5** - Scheda di valutazione della dinamica morfologica (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.6** -Valutazione dinamica morfologica: Morfologia dei Processi (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.7** - Valutazione dinamica morfologica: Artificialità (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 5.8** - Valutazione dinamica morfologica: Variazioni Morfologiche (Rinaldi *et al.*, 2014).
- **Tabella 6.1** - Risultati Fase 1 Inquadramento e suddivisione iniziale
- **Tabella 6.2** Risultati fase 2 Sottofase 1 Analisi evoluzione passata
- **Tabella 6.3** - Risultati Fase 2 Valutazione e analisi della Qualità Morfologica- Categoria Funzionalità Geomorfologica.
- **Tabella 6.4** - Risultati Fase 2 Sottofase 2 -Valutazione e analisi della Qualità Morfologica – Categoria Artificialità
- **Tabella 6.5** - Risultati fase 2 Categoria Variazioni Morfologiche (Valutazione Qualità e Dinamica morfologica)
- **Tabella 6.6** - Risultati Fase 2 Sottofase 3 Valutazione della dinamica morfologica - Categorie 1, 2 e 3
- **Tabella 6.7** - Fase 2 Sottofase 2 - Valutazione della Qualità morfologica IQM ottenuti
- **Tabella 6.8** - Fase 2 Sottofase 3 - Valutazione della dinamica morfologica IDM ottenuti
- **Tabella 6.9** - Generalità dei sottobacini esaminati.
- **Tabella 6.10** - Riepilogo indici IQM e classi di qualità relative ai segmenti del Fiume Dittaino.
- **Tabella 6.11** - Riepilogo indici e classi di dinamica morfologica relative al fiume Dittaino.