

## **4 DIRETTIVA CONTENENTE I CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE "A" E "B"**

**approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11  
maggio 1999 - aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato  
Istituzionale del 5 aprile 2006**

La presente Direttiva, già approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2/99 e vigente ai sensi dell'art. 15 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) per l'ambito territoriale interessato dalla zonizzazione della regione fluviale dello stesso PSFF, è estesa all'intero ambito territoriale di riferimento del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di cui al Titolo II delle relative Norme di attuazione.

## Premessa

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) all'art. 38 delle Norme di attuazione disciplina, gli *"interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico"* che ricadono all'interno delle Fasce A e B:

*"1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.*

*2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.*

*3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino."*

La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico è inoltre richiamata all'art. 39, commi 5 e 6, delle stesse Norme, che tratta degli aspetti urbanistici.

La presente direttiva fornisce i criteri, le prescrizioni e gli indirizzi di natura tecnica sulla base dei quali redigere lo studio idraulico, che deve corredare i progetti delle opere, necessario a valutare la compatibilità delle stesse con le prescrizioni del Piano stralcio.

Nei successivi capitoli sono definiti:

- i criteri generali di compatibilità per le opere che si inseriscono all'interno delle Fasce A e B e le relative procedure di valutazione,
- gli interventi a maggiore criticità, per i quali il parere di compatibilità è di competenza dell'Autorità di bacino,
- i contenuti dello studio di compatibilità.

Per le opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, di cui al comma 3 dell'art. 38 citato (ponti e viadotti), la verifica idraulica deve avere gli stessi contenuti dello studio e deve rispettare gli stessi criteri generali di compatibilità definiti per tutte le infrastrutture.

Per tali opere sono inoltre definiti specifici criteri e prescrizioni di compatibilità in relazione alle particolari caratteristiche delle stesse.

Secondo quanto indicato dalla normativa CNR – UNI 10007, si definisce come ponte o viadotto un manufatto di attraversamento con luce netta complessiva superiore a 6 m.

## **1. Criteri di compatibilità e procedure di valutazione**

### **1.1. Aspetti generali di compatibilità**

Ai fini della valutazione della compatibilità idraulica delle nuove opere infrastrutturali all'interno delle Fasce A e B dei corsi d'acqua interessati dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), appare opportuno richiamare gli obiettivi e le finalità del Piano stesso che individuano le funzioni e le modalità di gestione delle fasce.

Il PSFF, approvato con D.P.C.M. 24 luglio 1998 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 9 novembre 1998 n. 262, è lo strumento con cui si definisce un assetto fisico ed ambientale della regione fluviale funzionale a garantire un maggior grado di sicurezza dagli eventi di piena; tale obiettivo viene raggiunto attraverso un sistema di interventi strutturali e non strutturali finalizzati al ripristino delle condizioni di naturali di evoluzione del sistema fluviale, ove ciò sia consentito dalle condizioni d'uso del suolo e dalla distribuzione degli insediamenti antropici, e alla definizione di opere di difesa ove necessarie ed indispensabili.

A tal fine nella regione fluviale vengono individuate e delimitate le porzioni di territorio funzionali alla delimitazione dell'alveo di piena ordinaria (Fascia A), all'espandersi della piena per i tempi di ritorno assunti a riferimento (Fascia B), e le aree che potrebbero avere zone di coinvolgimento per piene con tempi di ritorno maggiori dei 200 anni (Fascia C).

Queste aree sono interessate dal posizionamento degli interventi strutturali (da intendersi come costruzione di nuovi argini o rafforzamento di quelli esistenti, aree di laminazione e altre opere idrauliche) e da norme di regolazione d'uso del suolo finalizzate a impedirne l'ulteriore occupazione e a recuperare usi compatibili con il buon regime delle acque.

Come è noto il piano di bacino detta tali disposizioni in coerenza con i contenuti definiti dalla legge 183/89: "l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici" (art. 17, comma 3, lettera m), assumendo come destinatari dei provvedimenti medesimi le pubbliche Amministrazioni in relazione ai compiti di formazione ed approvazione degli strumenti urbanistici e territoriali (PRGC, PTR ecc.), di rilascio di concessioni ad edificare, di gestione del demanio fluviale, nonché quelle con compiti di progettazione, valutazione e/o autorizzazione alla realizzazione di opere pubbliche che direttamente o indirettamente interferiscano con le fasce fluviali.

Per quanto riguarda l'insieme delle indicazioni finalizzate alla revisione e all'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, il PAI norma direttamente le possibilità di edificazione di opere private nelle Fasce A e B

(per la Fascia C domanda al comune l'individuazione di situazioni in cui sia opportuno applicare limitazioni alle destinazioni d'uso) mentre per gli interventi pubblici o aventi finalità pubblica prevede una procedura di valutazione puntuale connessa alle condizioni del sito e alla natura dell'opera.

Per quanto attiene alle previsioni degli strumenti urbanistici si rimarca che all'art. 39, comma 6, delle Norme di attuazione il PAI detta inoltre indirizzi per l'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali:

- evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B, la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;
- favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;
- favorire la destinazione prevalente delle Fasce A e B ad aree a primaria funzione idraulica e di tutela naturalistica e ambientale prevedendo destinazioni che ne migliorino le caratteristiche.

L'indicazione generale espressa dal PAI è pertanto quella di una ridestinazione al fiume delle aree che gli sono proprie, in quanto sede dei fenomeni idrodinamici correlati ai diversi stati idrologici, e di una riduzione della vulnerabilità delle stesse aree, in rapporto agli insediamenti che sono presenti o che si devono realizzare in futuro.

Nelle Fasce A e B è pertanto assolutamente prevalente la funzione idraulica, rispetto alla quale la migliore compatibilità è offerta dalle aree naturali (vegetazione spontanea arborea ed erbacea, superfici di acque lentiche, aree prive di copertura vegetale) e dalle aree agricole.

In merito alle infrastrutture e alle opere pubbliche e di interesse pubblico, di conseguenza il PAI indirizza verso criteri generali di localizzazione che puntino ad inserire all'interno delle fasce unicamente quelle opere che, in ragione delle loro specifiche funzioni non possono essere collocate altrove (attraversamenti, opere di derivazione, ecc.).

Per tutte le altre tipologie di infrastrutture e opere pubbliche e di interesse pubblico la localizzazione all'interno della Fascia A o B è condizionata alla dimostrazione dell'assenza di alternative di localizzazione al di fuori delle fasce, della sicurezza e della funzionalità delle infrastrutture stesse e comunque alla garanzia che non sia pregiudicata la sicurezza delle persone per quelle a fruizione collettiva.

## **1.2. Criteri di valutazione della compatibilità**

I criteri di compatibilità definiti all'art. 38 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico prescrivono che gli interventi *"non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo"*. Tale indicazione rappresenta l'elemento principale per la valutazione di compatibilità, nell'ambito della quale devono essere presi in

considerazione i singoli effetti dell'opera sull'assetto del tronco di corso d'acqua interessato.

Lo studio di compatibilità idraulica, i cui contenuti sono dettagliati al successivo punto 2., deve identificare e quantificare gli effetti dell'intervento in progetto sul corso d'acqua rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche precedenti alla realizzazione dello stesso.

Gli effetti principali da considerare sono i seguenti:

- E.1. Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena,
- E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo,
- E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,
- E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento,
- E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena,
- E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale,
- E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Rispetto a tali effetti non pare possibile individuare criteri di compatibilità quantitativi in via preliminare e con validità generale; la valutazione specifica viene pertanto rimandata ai singoli interventi, sulla base delle indicazioni orientative e di indirizzo che vengono individuate nella scheda di valutazione riportata in Allegato 1.

### **1.3. Interventi a maggiore criticità**

*(Delib. 10/2006 del 5 aprile 2006 del Comitato Istituzionale)*

Ai sensi del comma 2 dell'art. 38 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, nei tratti dei seguenti corsi d'acqua oggetto di delimitazione delle fasce fluviali nel presente Piano:

Po;

Tanaro;

Dora Riparia;

Dora Baltea;

Ticino;

Adda;

Oglio

sono da sottoporre a specifico parere dell'Autorità di bacino gli interventi relativi a infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico appartenenti alle categorie di opere di seguito elencate:

- i ponti e i viadotti di attraversamento e i relativi manufatti di accesso, costituenti parti di qualsiasi infrastruttura a rete,
- le linee ferroviarie e le strade a carattere nazionale, regionale e locale,
- i porti e le opere per la navigazione fluviale.

Su tutti i rimanenti corsi d'acqua, e sui tratti di quelli elencati in precedenza non oggetto di delimitazione delle Fasce fluviali, il parere sulla compatibilità delle opere con la pianificazione di bacino, è formulato dall'Autorità idraulica competente all'espressione del Nulla Osta idraulico, ai sensi del T.U. 523/1904 e successive modifiche, la quale invia all'Autorità di Bacino notizia della progettazione della nuova opera mediante la trasmissione di apposita scheda descrittiva, ai fini dell'aggiornamento dei catasti delle opere in fascia.

Sono comunque da sottoporre a parere dell'Autorità di bacino le categorie di opere di carattere infrastrutturali soggette a valutazione di impatto ambientale individuate nel DPCM 10 agosto 1988 n. 377 e nel D.P.R. 12 aprile 1996, Allegato A, e successive modificazioni e integrazioni.

## **2. Contenuti dello studio di compatibilità**

Obiettivo dello studio è di quantificare gli effetti prodotti dall'intervento in progetto nei confronti delle condizioni idrauliche attuali del tratto di corso d'acqua interessato e di quelle di progetto dello stesso, nel caso siano diverse da quelle attuali.

Lo studio si compone dei seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

- assetto geometrico dell'alveo,
- caratteristiche morfologiche dell'alveo,
- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale,
- portate di piena,
- opere di difesa idraulica,
- manufatti interferenti,
- modalità di deflusso in piena,
- effetti degli interventi in progetto.

L'ampiezza e l'approfondimento delle indagini e delle valutazioni relative a ciascuno dei punti sopra indicati devono essere commisurati all'importanza dell'intervento e alla rilevanza delle interazioni indotte con l'assetto idraulico del corso d'acqua interessato.

E' opportuno pertanto che tutti i punti sopra indicati siano contenuti nello studio, con l'indicazione, per ciascuno di essi, del livello di approfondimento trattato, in rapporto alle specifiche esigenze delle valutazioni di compatibilità collegate all'infrastruttura in progetto.

Le specifiche tecniche di seguito riportate indicano in generale le procedure da seguire per le rappresentazioni conoscitive e per l'analisi dei fenomeni idrodinamici, il cui livello di approfondimento e dettaglio va pertanto commisurato caso per caso alle caratteristiche dell'intervento in progetto.

Lo studio di compatibilità è svolto sulla base di una definizione dell'intervento a livello di progetto definitivo.

All'interno dello studio di compatibilità è riportata una sintetica descrizione delle caratteristiche generali dell'intervento in progetto, con l'evidenziazione in particolare delle componenti dello stesso che rivestono importanza ai fini delle interazioni con le condizioni morfologiche e idrauliche del corso d'acqua o che costituiscono elemento di controllo e mitigazione delle stesse.

## **2.1. Assetto geometrico dell'alveo**

La descrizione geometrica dell'alveo, funzionale alle valutazioni idrauliche, deve essere effettuata tramite un supporto planimetrico aggiornato a scala di dettaglio adeguata (1:1.000 – 1:10.000 in relazione alle dimensioni dell'opera in progetto e del corso d'acqua) e da sezioni trasversali topografiche. Ove necessario, in relazione alle analisi idrauliche da condurre, le informazioni geometriche devono essere organizzate su un DTM di maglia adeguata.

Le sezioni topografiche, comprensive della parte batimetrica per i corsi d'acqua perenni, devono rappresentare la geometria attuale del corso d'acqua e permettere una descrizione dettagliata del tratto d'alveo nell'intorno dell'opera.

Le sezioni devono avere le seguenti caratteristiche:

- devono rappresentare la geometria attuale dell'alveo; l'utilizzo di rilievi già esistenti può avvenire unicamente previa verifica della rispondenza degli stessi alle condizioni in atto;
- le quote altimetriche devono essere rilevate in valore assoluto, tramite appoggio a capisaldi IGM;
- devono essere posizionate in modo tale da rappresentare le singolarità dell'alveo e le variazioni delle dimensioni dello stesso lungo il tratto di indagine;
- devono essere estese per l'intero alveo di piena, sino al limite della Fascia B;
- devono essere utilizzate e, se necessario, aggiornate, le sezioni di rilievo costituenti punti di calcolo per la delimitazione delle fasce fluviali; gli infittimenti eventuali devono essere collegati agli stessi capisaldi;

Il numero e l'interasse delle sezioni necessarie per la rappresentazione della geometria dell'alveo vanno commisurati alle esigenze di dettaglio delle analisi idrauliche.

## **2.2. Caratteristiche morfologiche dell'alveo**

Le analisi morfologiche devono caratterizzare il tratto di corso d'acqua interessato dall'intervento, con riferimento all'alveo attivo e alle forme fluviali abbandonate e/o riattivabili in piena.

Esse devono essere estese all'intera porzione di regione fluviale delimitata dalla Fascia B ed essere condotte sia per l'alveo inciso che per quello di piena.

Le valutazioni devono essere finalizzate a:

- definire il grado di stabilità dell'alveo inciso, in concomitanza a situazioni di piena, in rapporto a possibili fenomeni di divagazione trasversale (erosioni di sponda, modificazioni del tracciato del thalweg) e di innalzamento o abbassamento del fondo alveo, tenendo conto delle opere di difesa idraulica presenti e dell'assetto complessivo dell'alveo definito dalle fasce fluviali;
- definire le condizioni morfologiche dell'area golenale o inondabile, con particolare riferimento alla presenza di forme fluviali abbandonate e/o riattivabili in piena e alla distinzione tra zone sede di deflusso in piena e quelle che svolgono funzioni di invaso; complessivamente gli elementi considerati devono permettere di valutare il grado di stabilità dell'alveo di piena;
- definire, in relazione agli elementi di cui ai punti precedenti, la tendenza evolutiva dell'alveo, anche in relazione al grado di sistemazione idraulica presente o eventualmente in progetto; gli elementi di interesse concernono le modificazioni del tracciato planimetrico dell'alveo inciso, la variazione delle quote di fondo (tendenza all'erosione o al ripascimento) e le trasformazioni delle aree golenali o inondabili.

Le analisi devono essere condotte attraverso i seguenti elementi principali:

- definizione dell'alveo tipo attuale e valutazione comparativa delle caratteristiche planimetriche dell'alveo e delle sue modificazioni recenti (ultimi 30-40 anni);
- quantificazione delle modificazioni geometriche dell'alveo inciso tramite confronto di sezioni e profili d'alveo riferiti a rilievi topografici eseguiti in epoche diverse (dove disponibili) ovvero tramite la considerazione di altri indicatori locali;
- identificazione delle evidenze morfologiche di antichi alvei abbandonati;
- ricostruzione delle aree allagate in occasione di significativi e recenti eventi di piena e delle modalità di allagamento.

## **2.3. Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo**

Nel caso in cui nell'ambito delle analisi idrauliche si renda necessario effettuare valutazioni sulla capacità di trasporto solido nel tratto interessato e



su eventuali fenomeni erosivi locali, deve essere prodotta una caratterizzazione del materiale d'alveo mediante analisi granulometriche.

I punti di campionamento devono riguardare i depositi di fondo alveo, le sponde ed eventualmente le aree golenali e devono essere in numero adeguato alla rappresentazione delle caratteristiche del materiale; devono essere impiegate metodiche di campionamento e analisi granulometrica del materiale adatte alla dimensione e dell'assortimento del materiale stesso.

Per quanto concerne nel dettaglio le modalità di esecuzione dei rilievi e delle misure si rimanda alle specifiche tecniche di cui all'Annesso " Monitoraggio morfologico e del trasporto solido degli alvei" della relazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

#### **2.4. Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale**

Attraverso la rilevazione dell'uso del suolo in atto nella regione fluviale vanno evidenziate le aree naturali (vegetazione spontanea arborea, erbacea, acque lentiche, aree prive di copertura vegetale) e quelle interessate da attività antropiche (aree a uso agricolo, infrastrutture, insediamenti).

Nell'ambito delle aree naturali vanno in particolare individuate e assoggettate ad approfondimento conoscitivo le emergenze connesse al sistema fluviale e le aree di elevato pregio ambientale; vanno inoltre individuate le componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche più sensibili nei confronti degli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera.

#### **2.5. Portate di piena**

La portata di piena di riferimento da assumere per le valutazioni idrauliche è quella per cui è stata condotta la delimitazione della Fascia B.

I valori di riferimento delle portate di piena nelle diverse sezioni dei corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali sono definiti dall'Autorità di bacino nell'ambito di apposita direttiva.

I soggetti titolari dell'intervento in progetto in sede di assunzione della portata di riferimento per lo studio di compatibilità di cui alla presente direttiva, possono, ove ritenuto opportuno, approfondire con specifico riferimento al tratto fluviale oggetto dello studio, le valutazioni idrologiche per la definizione di tale portata.

Nel caso in cui i risultati ottenuti si discostino dal valore definito dall'Autorità di bacino, devono essere comunicati, corredati della relativa relazione idrologica, per l'approvazione all'Autorità di bacino che provvede, se del caso, a validare i dati ed eventualmente ad aggiornare i valori di riferimento.

Nel caso in cui le analisi idrauliche comportino valutazioni particolarmente approfondite su modificazioni della capacità di laminazione in alveo derivanti dalla realizzazione dell'intervento, deve essere definita l'onda di piena relativa, caratterizzata, oltre che dal valore della portata al colmo, dal volume di piena e dalle caratteristiche di forma. A tale scopo deve essere condotto uno studio idrologico specifico, sulla base di una ricognizione degli eventi di piena storici, utilizzando le procedure di analisi probabilistica e/o i modelli di trasformazione

afflussi-deflussi più adatti alla determinazione dei dati idrologici di interesse. L'onda di piena definita deve essere comunque quella con associato tempo di ritorno pari a quello della portata per cui è stata condotta la delimitazione della Fascia B.

## **2.6. Opere di difesa idraulica**

La caratterizzazione dell'assetto delle opere di difesa esistenti nel tratto di corso d'acqua va svolta attraverso i seguenti elementi principali:

- rilevamento della consistenza (dimensioni, tipologia, stato di conservazione) delle opere idrauliche esistenti;
- analisi della funzionalità delle opere in relazione al contenimento delle piene, al controllo delle modificazioni morfologiche dell'alveo e alle eventuali possibili interazione con le infrastrutture e gli insediamenti esistenti;
- presa in conto delle eventuali opere in progetto.

Nella definizione dell'assetto difensivo del corso d'acqua nel tratto considerato va tenuto conto delle opere di contenimento dei livelli di piena individuate nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico e rappresentate dal limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C, ancorché eventualmente non ancora realizzate; tali opere concorrono infatti a definire l'assetto di progetto del corso d'acqua.

## **2.7. Manufatti interferenti**

Vanno individuati gli eventuali insediamenti e le infrastrutture presenti sul tronco di corso d'acqua all'interno della Fascia B. Per essi vanno rilevati gli elementi conoscitivi utili all'individuazione dello stato di rischio idraulico attuale e delle modificazioni dello stesso eventualmente conseguenti alla realizzazione dell'intervento.

## **2.8. Modalità di deflusso in piena**

L'analisi è finalizzata alla quantificazione delle caratteristiche idrauliche del moto della corrente in condizioni di piena, rappresentati dai valori dei livelli idrici e delle velocità di corrente all'interno dell'alveo inciso e delle aree golenali o inondate.

Il confronto tra la condizione del corso antecedente e quella successiva alla realizzazione dell'intervento permette di valutare gli effetti idraulici dell'intervento stesso che si manifestano come:

- variazioni (in genere innalzamento) dei livelli idrici,
- variazione della distribuzione delle velocità di corrente,
- variazione della capacità di trasporto solido della corrente,
- variazione del valore della portata al colmo a valle (solo nel caso in cui si modifichi in misura apprezzabile la capacità di laminazione in alveo).

L'esecuzione dei calcoli idraulici per la determinazione delle modalità di deflusso comporta la definizione dei seguenti punti principali:

- metodo di calcolo,
- condizioni al contorno,
- condizioni di riferimento.

#### 2.8.1. Metodo di calcolo

Il codice di calcolo da utilizzare per il profilo idrico in piena della corrente nel tratto di corso d'acqua dipende dal livello di approfondimento delle analisi da condurre.

Vi sono le seguenti alternative che fanno riferimento a schematizzazioni progressivamente più complesse delle condizioni di moto:

- moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile),
- moto vario monodimensionale o quasi-bidimensionale (portata variabile nel tempo e geometria variabile),
- moto vario bidimensionale, alle differenze o agli elementi finiti, (portata variabile nel tempo e geometria variabile).

L'utilizzo dello schema del moto uniforme, che costituisce un'ulteriore semplificazione rispetto ad a) non è consentito, in quanto comporta approssimazioni eccessive rispetto alla situazione reale, che non permettono di rappresentare i fenomeni di interesse.

Lo schema a), che tiene conto della variazione delle dimensioni dell'alveo e delle singolarità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni di scabrezza, salti di fondo), è generalmente adatto ad affrontare tutte le situazioni in cui la valutazione degli effetti degli interventi in progetto sulle condizioni di deflusso è rappresentabile unicamente in termini di modificazione del profilo idrico.

Nei casi invece di particolare complessità, che richiedano la valutazione di fenomeni specifici (quali ad esempio i valori locali delle velocità di corrente ai fini della quantificazione della capacità erosiva della corrente) o in cui si renda necessaria la quantificazione di modificazioni della capacità di laminazione dell'alveo, occorre ricorrere ai codici di calcolo b) o c).

Il codice di calcolo impiegato per la valutazione del profilo idrico e delle altre caratteristiche del moto va adeguatamente descritto. Nel caso siano utilizzati programmi di calcolo numerico generalmente noti nella letteratura tecnico-scientifica, è sufficiente l'indicazione precisa del programma utilizzato.

#### 2.8.2. Condizioni al contorno

In funzione dello schema di calcolo utilizzato, le condizioni al contorno da assegnare sono:

- il valore della portata al colmo (o dell'idrogramma di piena) di riferimento di cui al punto 2.5., che costituisce la condizione di monte,
- una ulteriore condizioni idraulica all'estremo di valle (nel caso di condizioni di moto in corrente lenta).

Oltre che per la portata di riferimento, le simulazioni idrauliche devono essere condotte anche per portate con tempi di ritorno superiori o inferiori, qualora necessario ai fini della completa valutazione dei fenomeni di interesse.

### 2.8.3. Condizioni fisiche di riferimento

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- assenza dell'opera (condizioni indisturbate),
- presenza dell'opera nella configurazione definitiva,
- fasi significative di costruzione dell'opera, tenendo in conto delle opere provvisorie eventualmente inserite, qualora comportino interazioni più severe con le condizioni di deflusso in piena rispetto alla condizione di opera realizzata.

Nell'ultimo caso il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni è quello la cui probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera.

Nel caso in cui le caratteristiche e la collocazione plano-altimetrica delle opere possano comportare il rischio di ostruzione parziale dell'alveo, a seguito del deposito temporaneo nel corso della piena di materiale lapideo e/o arboreo, è necessario che la verifica dell'opera nella configurazione definitiva tenga conto di un'ipotesi di parzializzazione della sezione di deflusso, formulata sulla base di una ragionevole considerazione degli elementi che possono determinare tale fenomeno, quali ad esempio le condizioni di stabilità del bacino idrografico sotteso, le dimensioni del trasporto solido, la presenza di vegetazione arborea asportabile lungo l'asta fluviale.

Il profilo di piena risultante dai calcoli idraulici riferiti alle condizioni di assenza dell'opera deve essere coerente con quello definito dall'Autorità di bacino nell'ambito di apposita direttiva con riferimento alle sezioni di calcolo utilizzate per la delimitazione delle fasce fluviali. Nel caso in cui i risultati ottenuti si discostino da tale valore, essi devono essere comunicati, corredati della relativa relazione idraulica, per l'approvazione all'Autorità di bacino che provvede, se del caso, a validare i dati ed eventualmente ad aggiornare i valori di riferimento.

## 2.9. Effetti degli interventi in progetto

Sulla base del quadro delle analisi di cui ai precedenti punti 2.1. e 2.8., vanno identificati e quantificati gli effetti dell'intervento in progetto sull'assetto del corso d'acqua rispetto alla situazione precedente all'intervento.

I criteri di compatibilità definiti all'art. 38 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico prescrivono che gli interventi "*non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo*".

Ai fini della valutazione di compatibilità devono pertanto essere evidenziati in particolare i seguenti punti costituenti gli effetti del progetto sul tronco di corso d'acqua interessato.

E.1. Modifiche indotte sul profilo involuppo di piena. Rappresentano l'effetto di restringimenti di sezioni o di ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato derivanti dall'intervento: le modifiche devono essere quantificate sulla base del confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e quello a intervento realizzato; vanno inoltre evidenziati, qualora presenti, effetti temporanei dello stesso tipo connessi alle fasi di realizzazione dell'opera.

E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo. Vanno quantificate, ove presenti, le riduzioni delle superfici allagabili causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale, per mezzo delle simulazioni idrauliche di cui ai punti precedenti mettendo in evidenza la riduzione del volume di invaso e il corrispondente aumento del colmo di piena.

E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti. Vanno evidenziate localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto che danno luogo alle possibili interazioni e gli accorgimenti adottati (distanze di rispetto, soluzioni costruttive) per garantire l'assenza di effetti negativi sulla stabilità e sull'efficienza di funzionamento delle opere idrauliche.

E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento. Nel caso in cui l'intervento in progetto comporti la necessità di realizzare opere idrauliche di sistemazione dell'alveo, queste ultime vanno definite a livello di progetto definitivo, esplicitandone la compatibilità e l'integrazione con le opere idrauliche esistenti.

E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena. Valutazione degli effetti della soluzione progettuale proposta per l'intervento in rapporto all'assetto morfologico attuale dell'alveo e alla sua prevedibile evoluzione, con evidenziazione degli elementi che garantiscono l'assenza di modificazioni indotte sia sull'alveo inciso (effetti erosivi di fondo e/o di sponda, modificazioni di tracciato planimetrico) che su quello di piena (attivazione di vie di deflusso preferenziali incompatibili con l'assetto e le opere esistenti).

E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale. Vanno evidenziate le modificazioni conseguenti alla realizzazione dell'opera e gli interventi di mitigazione adottati, con particolare riferimento alle emergenze connesse al sistema fluviale e alle componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche più sensibili nei confronti degli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera.

E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena. Vanno evidenziate le condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni. Vanno inoltre evidenziati gli accorgimenti e le misure tecniche adottati al fine di evitare condizioni di pericolo per le persone e di danno per i beni, come pure le eventuali riduzioni temporanee di funzionalità dell'intervento connesse al verificarsi di un evento di piena.

### **3. Criteri di compatibilità, prescrizioni e indirizzi per la progettazione e la verifica idraulica dei ponti**

#### **3.1. Aspetti generali di compatibilità**

Gli aspetti idraulici connessi alla realizzazione dei ponti sono disciplinati dal D.M. dei LL.PP. 4 maggio 1990 e dalla Circolare dello stesso Ministero n. 34233 del 25/2/1991.

Il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione", convenzionalmente chiamato PS 45, approvato il 10 maggio 1995, al punto 7.9.2.4. ha definito "norme per gli attraversamenti interferenti con la rete idrografica" in cui sono state indicate le verifiche idrauliche cui devono soddisfare i progetti dei ponti, dei rilevati di accesso e degli eventuali altri manufatti.

In Allegato 2 sono riportate le norme sopra citate per gli aspetti attinenti alle prescrizioni di natura idraulica.

I ponti che attraversano un corso d'acqua interferiscono con le condizioni di deflusso quando le pile siano collocate in alveo e quando le spalle o i rilevati di accesso diano luogo a un restringimento dell'alveo stesso.

In generale gli effetti sull'assetto di un corso d'acqua derivanti dall'inserimento di ponte sono facilmente classificabili, trattandosi di opere la cui tipologia rientra in canoni definiti e le cui interazioni con l'idrodinamica della piena sono altrettanto definibili.

E' possibile di conseguenza stabilire a priori i criteri di compatibilità specifici, fermo restando quanto indicato nella parte generale di cui al precedente punto 1.

Tali criteri si traducono pertanto in una serie di prescrizioni, che costituiscono condizioni da rispettare in modo tassativo e in indirizzi alle scelte di natura progettuale, finalizzati a orientare il progetto per il migliore inserimento dell'opera all'interno del corso d'acqua.

I criteri e le prescrizioni di seguito indicati integrano le norme esistenti per gli aspetti di carattere prettamente tecnico, in modo da uniformare le procedure di verifica idraulica delle infrastrutture in oggetto, in relazione sia ai metodi di calcolo impiegati che ai criteri progettuali adottati.

Nel caso particolare dei ponti la presente direttiva si applica sia alle nuove opere in progetto che a quelle esistenti, in sede di verifica di compatibilità ai sensi e per gli effetti dell'art. 19, comma 2, Titolo I delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Nel caso di una nuova opera le prescrizioni e gli indirizzi individuati sono rivolti a garantire:

- che l'inserimento della struttura sia coerente con l'assetto idraulico del corso d'acqua e non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico,
- che siano valutate in modo adeguato le sollecitazioni di natura idraulica cui è sottoposta l'opera, in rapporto alla sicurezza della stessa.

Sono di conseguenza definiti:

- i criteri di compatibilità idraulica da rispettare,
- le procedure di verifica idraulica da attuare.

Nel caso dei ponti esistenti, la presente direttiva indica, oltre ai due punti precedenti, nel caso di opere per le quali non sia soddisfatta la verifica idraulica di compatibilità:

- le eventuali condizioni di esercizio transitorio della struttura, sino alla realizzazione degli interventi di adeguamento progettati,
- i criteri di progettazione degli interventi correttivi e di adeguamento necessari.

### **3.2. Criteri di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso in progetto**

#### **3.2.1. Prescrizioni**

1. *Portata di piena di progetto.* Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche del ponte deve normalmente rispettare i seguenti valori:

- per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, non inferiore a quello assunto per la delimitazione della Fascia B;
- per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali non inferiore a 100 anni.

In casi eccezionali, quando si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza molto modesta, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera stessa in rapporto alla stessa piena.

2. *Franco minimo.* Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando

l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.

Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di intradosso del ponte deve essere superiore a quella della sommità arginale.

Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.

**3. Posizionamento del ponte rispetto all'alveo.** L'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo. L'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) deve essere parallelo al filone principale della corrente. In particolare devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- per i corsi d'acqua arginati la spalla del ponte deve essere sul lato campagna, a una distanza minima di 10 m dal piede dell'argine maestro; lo stesso limite vale per il caso siano presenti pile sul lato campagna; sul lato fiume la posizione delle pile deve essere al di fuori del petto dell'argine; in via eccezionale la pila può interessare il corpo arginale, purché non intacchi il nucleo centrale dell'argine stesso e sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- per i corsi d'acqua non arginati le pile e le spalle devono essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo; in via eccezionale la pila può interessare la sponda, purché sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- nei casi in cui il ponte sia inserito in un tratto di corso d'acqua interessato da altre opere di attraversamento poste in adiacenza, a monte o a valle, è necessario che le pile in alveo (ed eventualmente le spalle) siano allineate con quelle esistenti in modo che le pile presenti, considerate congiuntamente, non riducano la luce effettiva disponibile, anche ai fini del rischio di ostruzione da parte del materiale trasportato in piena;
- la struttura deve consentire il mantenimento della continuità della pista di servizio in fregio al corso d'acqua ovvero sul rilevato arginale.

**4. Effetti idraulici indotti dal ponte.** La soluzione progettuale per il ponte e per i relativi rilevati di accesso deve garantire l'assenza di effetti negativi indotti sulle modalità di deflusso in piena; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Vanno inoltre verificati seguenti aspetti aggiuntivi:

- assenza di riduzione della superficie delle aree allagabili per effetto del ponte al fine di evitare effetti di minore laminazione della piena lungo l'asta fluviale;
- compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale



derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

5. *Opere idrauliche collegate al ponte.* Nel caso in cui l'inserimento o la presenza del ponte comporti la realizzazione di opere idrauliche con funzioni di sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dall'attraversamento, il progetto deve comprendere la definizione delle opere stesse con lo stesso livello di dettaglio relativo all'opera principale.

6. *Condizioni di sicurezza idraulica del ponte e delle opere collegate.* Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo idrico indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte per effetto di ostruzione delle luci.

### 3.2.2.Indirizzi

Nella definizione delle caratteristiche dimensionali del ponte, oltre ai valori di prescrizione indicati in precedenza, vanno considerati anche altri elementi, da definirsi caso per caso, prendendo in conto i caratteri specifici di manifestazione della piena, che dipendono dallo stato del bacino idrografico sotteso e del corso d'acqua nella parte a monte, in rapporto alla copertura vegetale e alle sue condizioni di stabilità.

E' raccomandabile considerare ogni qualvolta possibile i seguenti elementi:

- portata di progetto: per i ponti sui corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali è opportuno assumere una portata di progetto con tempo di ritorno superiore a 200 anni nel caso di opere di rilevante importanza, a tutela della sicurezza delle stesse, o con riferimento ai corsi d'acqua a carattere torrentizio, quale fattore di sicurezza rispetto ai fenomeni connessi al deflusso della piena che sono spesso di difficile determinazione quantitativa. Tempi di ritorno inferiori a 200 anni sono da assumere qualora si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza modesta, in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate;
- comportamento per piene superiori a quella di progetto: è opportuno valutare la riduzione di franco che si manifesta per portate superiori a quella di progetto, ai fini di una completa determinazione dello stato di sicurezza dell'opera;
- dislivello tra quota di intradosso impalcato e fondo alveo: non inferiore a 6-7 m quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto; valori maggiori vanno mantenuti per ponti con luci inferiori ai 30 m o posti su torrenti su cui sono possibili sovrizzi del fondo alveo per deposito di materiale lapideo;

- dislivello tra quota di intradosso impalcato e piano campagna: è opportuno, soprattutto nei territori di pianura, che la quota di intradosso dell'impalcato del ponte sia superiore a quella del piano campagna circostante per i corsi d'acqua non arginati;
- dimensione dell'alveo del corso d'acqua: ai fini della definizione della luce del ponte e dell'ubicazione dei manufatti relativi (pile e spalle) è necessario considerare, oltre alle dimensioni attuali dell'alveo, anche quelle eventuali di progetto, in modo tale che l'opera, una volta realizzata, non sia di ostacolo a futuri interventi di sistemazione idraulica sul corso d'acqua, compresi gli ampliamenti delle dimensioni dell'alveo;
- luce del ponte: nei casi in cui la larghezza dell'alveo di piena sia limitata, non superiore ai 40 m, è preferibile la realizzazione di un ponte con luce unica in modo da non avere pile in alveo e da ubicare le spalle al di fuori dell'alveo stesso;
- dislocazione delle pile: la parte maggiormente attiva dell'alveo, significativamente l'alveo inciso, deve essere lasciata libera da pile, compatibilmente con i vincoli di natura strutturale, ricercando una soluzione che collochi le pile in golena o nelle zone dove l'altezza d'acqua in piena sia relativamente modesta;
- forma delle pile in alveo: è preferibile la forma circolare o di tipo profilato in modo da costituire minore ostacolo alla corrente (minore esposizione all'erosione); nei casi in cui si abbia elevata velocità di corrente abbinata a un trasporto solido significativo, la parte delle pile a contatto con la corrente deve essere opportunamente protetta;
- soluzioni per il controllo dello scalzamento: le fondazioni delle pile e delle spalle devono essere dimensionate in modo da sopportare direttamente il massimo scalzamento prevedibile (scalzamento diretto ed eventuale abbassamento del fondo alveo), senza la necessità di opere idrauliche aggiuntive. Ad esempio nel caso di fondazioni su pali il dimensionamento dei pali deve considerare scoperto il tratto di palo compreso tra la testa e la quota di massimo scalzamento;
- interferenza con le opere idrauliche presenti: nel caso l'opera sia inserita in un tratto di corso d'acqua arginato è frequente la necessità prevedere protezioni (rivestimenti e/o diaframature) del paramento lato fiume dell'argine, in conseguenza delle maggiori sollecitazioni idrodinamiche indotte dall'opera stessa. In situazioni particolari possono essere necessarie opere di ringrosso e/o sovralzo arginale locale.

### **3.3. Criteri di compatibilità idraulica per i ponti e i rilevati di accesso esistenti**

#### **3.3.1. Prescrizioni**

I criteri di compatibilità che assumono carattere di prescrizioni per i ponti esistenti sono di seguito elencati.

1. *Portata di piena di progetto.* Il tempo di ritorno della piena di progetto per le verifiche idrauliche del ponte deve normalmente rispettare i seguenti valori:

- per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, non inferiore a quello assunto per la delimitazione della Fascia B;
- per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali non inferiore a 100 anni.

Quando si tratti di corsi d'acqua di piccole dimensioni e di infrastrutture di importanza molto modesta, possono essere assunti tempi di ritorno inferiori in relazione ad esigenze specifiche adeguatamente motivate; in tali situazioni è comunque necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena di 200 anni e definire il comportamento dell'opera stessa in rapporto alla stessa piena.

*2. Franco minimo.* Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.

Il franco minimo tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di sommità del rilevato di accesso al ponte (piano viabile) deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m.

*3. Posizionamento del ponte rispetto all'alveo.* Deve essere considerato l'orientamento delle pile (ed eventualmente delle spalle) rispetto all'alveo e verificato che le interazioni tra le opere e la corrente non diano luogo a fenomeni incompatibili con l'assetto morfologico dell'alveo o la stabilità dell'opera.

*4. Effetti idraulici indotti dal ponte.* Gli elementi strutturali del ponte e i relativi rilevati di accesso non devono comportare effetti negativi sulle modalità di deflusso in piena del corso d'acqua; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento deve essere compatibile con l'assetto difensivo presente e non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Va inoltre verificata la compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa.

*5. Condizioni di sicurezza idraulica del ponte e delle opere collegate.* Il manufatto e le opere connesse devono essere sottoposti a verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;

- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte stesso per effetto di ostruzione delle luci.

### 3.3.2. Condizioni di esercizio transitorio per i ponti esistenti

Nei casi in cui la verifica di compatibilità idraulica dei ponti esistenti non è adeguata rispetto alle prescrizioni di cui al precedente punto 3.3.1., le Amministrazioni competenti al rilascio del parere idraulico di compatibilità (nulla-osta idraulico) definiscono, sulla base degli elementi derivanti dallo studio, le condizioni di esercizio transitorio dell'opera, valide fino alla realizzazione degli interventi di adeguamento.

Tali condizioni devono contenere:

- la definizione dei limiti idraulici di completa funzionalità idraulica dell'opera, rappresentati dal tempo di ritorno della portata che soddisfa ai punti 1 e 2 del paragrafo 3.3.1.;
- la programmazione degli interventi periodici di manutenzione dell'opera e dell'alveo del corso d'acqua in corrispondenza del ponte, necessari per mantenere la massima capacità di deflusso, comprensivi dell'indicazione dei soggetti responsabili;
- la definizione di specifiche operazioni, correlate alla sicurezza idraulica, da compiere nell'ambito dello svolgimento delle funzioni periodiche di vigilanza e ispezione sullo stato di conservazione dell'opera, come definite dalla Circolare n. 34233 del 25.2.1991 del Ministero dei Lavori Pubblici;
- la definizione degli scenari di piena probabili per le portate superiori a quelle per cui l'opera è compatibile, con particolare riferimento alle piene con tempo di ritorno di 200 e 500 anni; nell'ambito di tali scenari devono essere evidenziati in specifico i centri abitati e le infrastrutture circostanti coinvolte;
- la definizione dei tempi medi di preannuncio della piena (tempo di corruzione del corso d'acqua) e dei tempi medi di crescita dell'onda di piena;
- l'installazione, in una sezione adeguata in prossimità del ponte, di un idrometro con l'evidenziazione del livello di guardia e di quello di superamento delle condizioni di sicurezza, per il quale deve essere sospesa l'agibilità del ponte;
- il soggetto responsabile della sorveglianza per la segnalazione degli stati idrometrici di guardia e di superamento delle condizioni di sicurezza;
- la necessità eventuale di aggiornamenti periodici circa le condizioni di funzionalità idraulica dell'opera.

Le condizioni di esercizio provvisorio sopra definite costituiscono parte integrante del parere di compatibilità idraulica del ponte esistente rilasciato dalle Amministrazioni competenti.

Tali condizioni sono allegate alla concessione di occupazione del demanio fluviale collegata all'opera.

Le stesse condizioni sono trasmesse ai soggetti competenti per le funzioni di protezione civile ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225.

### 3.3.3. Progettazione degli interventi di adeguamento

Nei casi in cui la verifica idraulica dei ponti esistenti non è adeguata rispetto alle prescrizioni di cui al precedente punto 3.3.1., il progetto di adeguamento deve contenere gli interventi correttivi necessari a rimuovere gli elementi di incompatibilità presenti.

La soluzione di intervento deve essere definita in funzione del grado di inadeguatezza riscontrato e delle caratteristiche della struttura esistente.

Per i ponti di interesse storico-monumentale, soggetti a formale tutela, il progetto di adeguamento dovrà individuare i possibili interventi che consentano di migliorare la funzionalità idraulica del sistema "corso d'acqua - struttura di attraversamento", nel rispetto dei vincoli gravanti sull'opera.

Il progetto, nel caso riguardi l'adeguamento dell'opera esistente, e non la sostituzione della stessa, tratta separatamente gli interventi per il conseguimento di condizioni di sicurezza dell'opera (quali le opere di protezione delle fondazioni dallo scalzamento) da quelli per il miglioramento delle condizioni di deflusso del corso d'acqua e per la riduzione degli effetti di innalzamento del profilo idrico.

Nei casi in cui problemi di incompatibilità siano determinati dalle condizioni di scalzamento massimo non compatibili con la stabilità delle fondazioni, è comunque preferibile una soluzione di intervento diretto sulle fondazioni stesse per il conseguimento dei parametri di sicurezza necessari.

Solo in casi eccezionali, previa accurata verifica idraulica, sono possibili le seguenti soluzioni alternative volte alla stabilizzazione delle quote del fondo alveo, quali ad esempio:

- la realizzazione di una soglia (o platea) di fondo a valle delle fondazioni, estesa per tutta la larghezza dell'alveo;
- la realizzazione di una coronella di protezione a monte delle pile (ad esempio con pali di piccolo diametro, palancole o diaframmi);
- la realizzazione attorno alla pila di una protezione flessibile in materiale lapideo, di granulometria, tale da non essere soggetta a trasporto da parte della corrente.

## **4. Contenuti dello studio di compatibilità per i ponti e i manufatti di accesso**

Nella specificazione dei contenuti delle diverse parti si intende integralmente richiamato quanto indicato al punto 2. e si forniscono ulteriori specificazioni di maggiore dettaglio esclusivamente in relazione agli aspetti specifici dei ponti e per quanto riguarda i corsi d'acqua non interessati dalle fasce fluviali.

Anche in questo caso, in conformità a quanto stabilito dal Decreto del Ministero LL.PP. 4 maggio 1990, l'ampiezza e l'approfondimento delle indagini e delle valutazioni vanno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto o della verifica.

Lo studio si compone dei seguenti punti, che costituiscono la caratterizzazione conoscitiva del sistema fluviale e la valutazione degli effetti ascrivibili al progetto di intervento:

- assetto geometrico dell'alveo,
- caratteristiche morfologiche dell'alveo,
- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale,
- portate di piena,
- opere di difesa idraulica,
- manufatti interferenti,
- modalità di deflusso in piena.

#### **4.1. Assetto geometrico dell'alveo**

Per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali le sezioni trasversali devono essere comunque coerenti con quelli di riferimento per il monitoraggio morfologico dell'alveo a cura delle Amministrazioni competenti.

#### **4.2. Caratteristiche morfologiche dell'alveo**

Per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali le analisi morfologiche devono essere estese all'intera regione fluviale potenzialmente interessata dalle piene più gravose e devono essere condotte sia per l'alveo inciso che per quello di piena. Le valutazioni devono essere finalizzate a:

- definire il grado di stabilità dell'alveo inciso, in concomitanza a situazioni di piena, in rapporto a possibili fenomeni di divagazione trasversale (erosioni di sponda, modificazione del tracciato del thalweg) e di innalzamento o abbassamento del fondo alveo;
- definire l'alveo di piena, sulla base della delimitazione della fascia inondabile e dell'individuazione delle forme fluviali non più attive in regime di magra ma riattivabili nel corso di piene significative;
- definire, in relazione agli elementi di cui ai punti precedenti, la tendenza evolutiva del tratto di alveo, anche in relazione al grado di sistemazione idraulica presente o eventualmente in progetto; gli elementi di interesse concernono la possibilità di modificazione del tracciato planimetrico dell'alveo inciso e le modificazioni delle quote di fondo (tendenza all'erosione o al ripascimento).

Nel caso in cui si tratti di verificare le condizioni di compatibilità di un ponte esistente, le valutazioni di cui sopra vanno effettuate tenendo conto della presenza dell'opera e delle interazioni della stessa con la dinamica morfologica del corso d'acqua.

#### **4.3. Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo**

I criteri di analisi e valutazione sono analoghi a quanto specificato al punto 2.3.

#### **4.4. Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale**

I criteri di analisi e valutazione sono analoghi a quanto specificato al punto 2.4. Nel caso di un ponte esistente il tema non deve essere trattato.

#### **4.5. Portate di piena**

Per i corsi d'acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali le portate di piena vanno stimate, sulla base delle indicazioni della direttiva di cui all'art. 10 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, utilizzando le procedure di analisi probabilistica e/o i modelli di trasformazione afflussi-deflussi più adatti, in funzione delle caratteristiche del bacino idrografico sotteso e della disponibilità di serie storiche di misura delle variabili idrologiche.

Indipendentemente dal valore assunto per la piena di progetto, è opportuno che siano determinate le portate con riferimento ai seguenti valori del tempo di ritorno: 20, 100, 200, 500 anni.

I contenuti dell'analisi devono comprendere, oltre alla stima delle portate con assegnato tempo di ritorno, la descrizione della metodologia utilizzata, le serie storiche dei dati idrologici impiegati (precipitazioni e/o portate) e gli elementi informativi disponibili relativi alle piene storiche che hanno interessato il tratto.

#### **4.6. Opere di difesa idraulica**

I criteri di analisi e valutazione sono analoghi a quanto specificato al punto 2.6..

#### **4.7. Manufatti interferenti**

I criteri di analisi e valutazione sono analoghi a quanto specificato al punto 2.7.

Nel caso nel tratto di corso d'acqua interessato dalla realizzazione del ponte siano presenti altri ponti, vanno rilevate in dettaglio tutte le caratteristiche dimensionali necessarie a garantire un inserimento della nuova opera secondo criteri coerenti con quelle esistenti.

## **4.8. Modalità di deflusso in piena**

### **4.8.1. Metodo di calcolo**

Lo schema di calcolo da utilizzare per il profilo idrico della corrente nel tratto di corso d'acqua in corrispondenza del ponte è normalmente quello del moto stazionario monodimensionale, quale definito al punto 2.8.1.

L'utilizzo dello schema in moto uniforme (che assume come costanti sia la sezione che la portata nel tratto) comporta approssimazioni anche notevoli rispetto alla situazione reale; è pertanto accettabile esclusivamente per valutazioni preliminari orientative o per opere di importanza molto modesta.

In condizioni di particolare complessità, per la valutazione approfondita di specifici problemi, possono essere impiegati schemi di calcolo di moto bidimensionale, stazionario o vario.

### **4.8.2. Condizioni al contorno**

In funzione dello schema di calcolo utilizzato, le condizioni al contorno da assegnare sono:

- il valore della portata al colmo (o dell'idrogramma di piena) di riferimento, che costituisce la condizione di monte,
- una ulteriore condizioni idraulica all'estremo di valle (nel caso di condizioni di moto in corrente lenta).

Oltre che per la portata di riferimento, le simulazioni idrauliche devono essere condotte anche per portate con tempi di ritorno superiori o inferiori, qualora necessario ai fini della completa valutazione dei fenomeni di interesse.

### **4.8.3. Condizioni fisiche di riferimento**

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso per vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua nel caso di ponte in progetto:

- assenza dell'opera (condizioni indisturbate),
- presenza dell'opera nella configurazione definitiva,
- fasi significative di costruzione dell'opera, tenendo in conto delle opere provvisorie eventualmente inserite, qualora comportino interazioni più severe con le condizioni di deflusso in piena rispetto alla condizione di opera realizzata.

Nell'ultimo caso il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni è quello la cui probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera.

Nel caso di un ponte esistente le condizioni fisiche da prendere in considerazione sono:

- opera nella configurazione attuale;



- opera nella configurazione attuale, con ipotesi di ostruzione parziale delle luci, nel caso le caratteristiche del ponte, insufficienti a consentire un libero deflusso della piena, rendano probabile tale condizione.

Il secondo caso va definito in funzione della ragionevole presa in conto degli elementi che concorrono a determinare il manifestarsi in piena di ostruzioni dovute ai materiali trasportati: la luce parziale del ponte (tra due pile), lo stato del bacino idrografico e dell'asta fluviale a monte, l'altezza del ponte rispetto al fondo alveo. In questo caso la verifica deve valutare le condizioni di funzionamento residuo, il rigurgito indotto, la possibilità di formazione di invasi temporanei significativi a monte, la possibilità di tracimazione del ponte e relative sollecitazioni strutturali.

#### 4.8.4. Coefficiente di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza in un alveo naturale è una misura globale della resistenza al moto; la scelta deve essere effettuata a seguito di un'accurata ricognizione dei luoghi, considerando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali adiacenti interessate al deflusso.

A titolo orientativo per la scelta dei valori numerici si può fare riferimento, utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning o di Strickler, alle indicazioni fornite dalle tabelle di "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions (Tabella 1).

$$\text{Strickler:} \quad v = K_s R^{2/3} i^{1/2}$$

$$\text{Manning:} v = (1/n) R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

$v$  = velocità media della corrente (m/s)

$R$  = raggio idraulico (m)

$i$  = pendenza di fondo (m/m)

$K_s$  = coefficiente di *Strickler*

$n$  = coefficiente di *Manning*

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

Tabella 1: metodo per il calcolo del coefficiente di scabrezza n nei corsi d'acqua

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n <sub>0</sub>	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n <sub>1</sub>	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n <sub>2</sub>	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010- 0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n <sub>3</sub>	0.000
	Modesto		0.010- 0.015
	Apprezzabile		0.020- 0.030
	Elevato		0.040- 0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n <sub>4</sub>	0.005- 0.010
	Medio		0.010- 0.025
	Alto		0.025- 0.050
	Molto alto		0.050- 0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m <sub>5</sub>	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

La Tabella 2 presenta i valori di riferimento per i coefficienti di scabrezza, secondo le formule di Strickler e di Manning, riferiti alle situazioni tipiche dei corsi d'acqua naturali.

Tabella 2: valori del coefficiente di scabrezza per i corsi d'acqua naturali

Tipologia del corso d'acqua	Strickler $K_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
<b>CORSI D'ACQUA MINORI</b> (Raggio idraulico $\cong 2$ m; larghezza in piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45-40
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30-35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25-30
- alvei fortemente irregolari	25-15
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30-25
- alveo in roccia regolare	30-25
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20-15
- alveo in roccia irregolare	20-15
<b>CORSI D'ACQUA MAGGIORI</b> (Raggio idraulico $\cong 4$ m; larghezza in piena > 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45-40
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25-30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20-25
<b>AREE GOLENALI</b> (Raggio idraulico $\cong 1$ m)	
- a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40-20
- coltivate	50-20
- con vegetazione arbustiva spontanea	25-10
- con vegetazione arborea coltivata	30-20
<b>Alveo artificiale in terra</b>	
- materiale compatto, liscio	60
- sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
- sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50-45
- ghiaietto 10-30 mm	45
- ghiaia media 20-60 mm	40
- ghiaia grossa 50-150 mm	35
- limo in zolle	30
- grosse pietre	30-25
- sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento vegetale	25-20
<b>Alveo artificiale in roccia</b>	
- con lavorazione accurata	30-25
- con lavorazione media	25-20
- con lavorazione grossolana	20-15
<b>Alveo artificiale in muratura</b>	
- muratura in pietra da taglio	80-70
- muratura accurata in pietra da cava	70
- muratura normale in pietra da cava	60
- pietre grossolanamente squadrate	50
- scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50-45
<b>Alveo artificiale in calcestruzzo</b>	
- pavimentazione in cemento	100
- calcestruzzo con casseforme metalliche	100-90
- calcestruzzo con intonaco	95-90
- calcestruzzo liscio	90
- intonaco di cemento intatto	90-80
- calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70-65
- calcestruzzo costipato, superficie liscia	65-60
- calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
- rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
- superfici irregolari in calcestruzzo	50

Per i torrenti e per la parte medio-alta dei fiumi una stima approssimativa del coefficiente di scabrezza è possibile con la relazione:

$$K_s = 26/d_{90}^{1/6}$$

nella quale  $d_{90}$  (m) è il diametro del materiale d'alveo cui corrisponde un passante pari al 90%.

E' tipico il caso per i corsi d'acqua di pianura di un alveo di piena costituito da un alveo centrale (alveo inciso) per il deflusso di magra o di piene moderate, e di una o due zone laterali talvolta anche molto estese (golene) contribuenti al moto, impegnate solo nel corso delle piene più gravose, che sono normalmente vegetate o coltivate e in cui la profondità di corrente è ridotta. Nel caso di tali sezioni composite la maggior parte dei moduli di calcolo permettono di assegnare valori diversi di scabrezza per ogni parte elementare della sezione; in alternativa si deve fare ricorso a un valore di scabrezza equivalente.

#### 4.8.5. Effetto di rigurgito provocato da restringimenti e da pile

Nel caso in cui il ponte costituisca una singolarità geometrica dell'alveo, comportando un restringimento della sezione per effetto delle pile e/o delle spalle, esso provoca alcune modifiche alle altezze idrometriche della corrente, che devono essere tenute in conto nella progettazione del ponte e delle eventuali opere complementari necessarie.

Il calcolo del sovrizzo a monte del restringimento va effettuato, nell'ambito della costruzione del profilo idrico, attraverso l'impiego delle usuali formulazioni della letteratura scientifica, in funzione della classe di moto presente:

- classe A: il moto è lento e rimane lento nel restringimento;
- classe B: il moto avviene con transizione, da lento a veloce o viceversa (casi 1b e 2b);
- classe C: il moto è veloce e rimane veloce.

La distinzione tra le classi è rappresentata nel diagramma di Fig. 1, in funzione del numero di Froude  $F = v/(g y)^{1/2}$  e del rapporto di strozzatura  $r = b_1/b_0$ .

*Nel caso in cui il deflusso sia di tipo A*, sono disponibili numerose formule sperimentali per determinare il sovrizzo rispetto all'altezza del moto indisturbato. Quelle d'uso più comune sono le seguenti.

#### **Formula di Yarnell**

$$\Delta y/y = K_y (K_y - 0.6 + 5 F_2^2) (1 - r + 15 (1 - r)^4) F_2^2$$

dove  $(1-r) = (b_0 - b_1)/ b_0$  è il grado di restringimento e  $K_y$  un coefficiente di forma che assume i valori di Fig. 2.

Figura 1: classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento

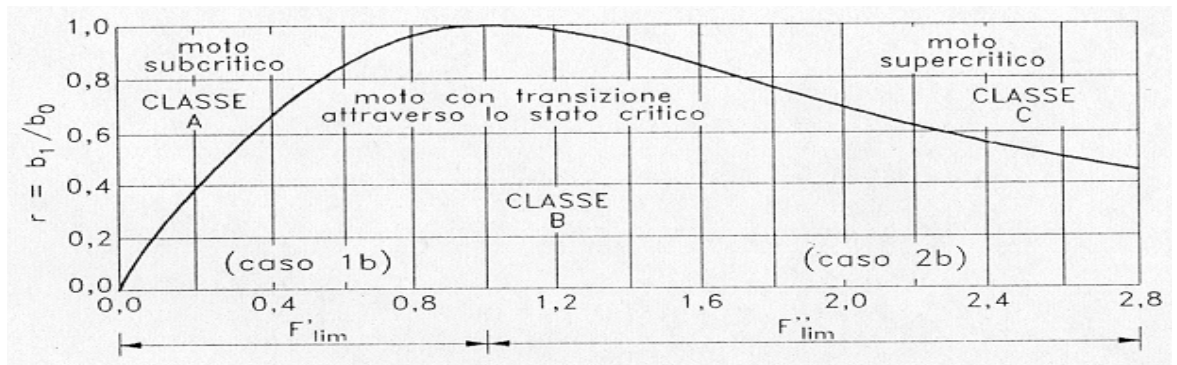







Figura 2: coefficienti di forma delle pile dei ponti

FORMA DELLA PILA		FORMA DELLA PILA	
	1.25		0.95
	1.05		0.90
	1.05		

Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo  $\alpha$  diverso da 0, i valori di  $\Delta y$  calcolati con l'espressione riportata, vanno moltiplicati per un coefficiente 1.3 per  $\alpha = 10^\circ$  e 2.3 per  $\alpha = 20^\circ$ .

**Formola di Rehbock**

$$\Delta y = K_R (1 - r) V_2^2 / 2g$$

dove

$K_R = 1$ , per pile e rostri arrotondati

$K_R = 2$ , per pile a spigoli vivi.

**Formola di Nagler**

$$Q = K_N b_1 (2g)^{1/2} (y_2 - \theta V_2^2 / 2g) (\Delta y + C_r V_0^2 / 2g)^{1/2}$$

dove:

$\theta$  = coefficiente di turbolenza (normalmente assunto pari a 0.3),

$C_r$  = coefficiente in funzione del rapporto di contrazione  $r = b_1/b_2$  (fig. 3),

$K_N$  = coefficiente di forma della pila, funzione di  $r$ , dell'angolo formato dalla corrente con l'asse della pila e della forma della pila (Tabella 3).

Figura 3: valori del coefficiente  $C_r$  della formula di Nagler

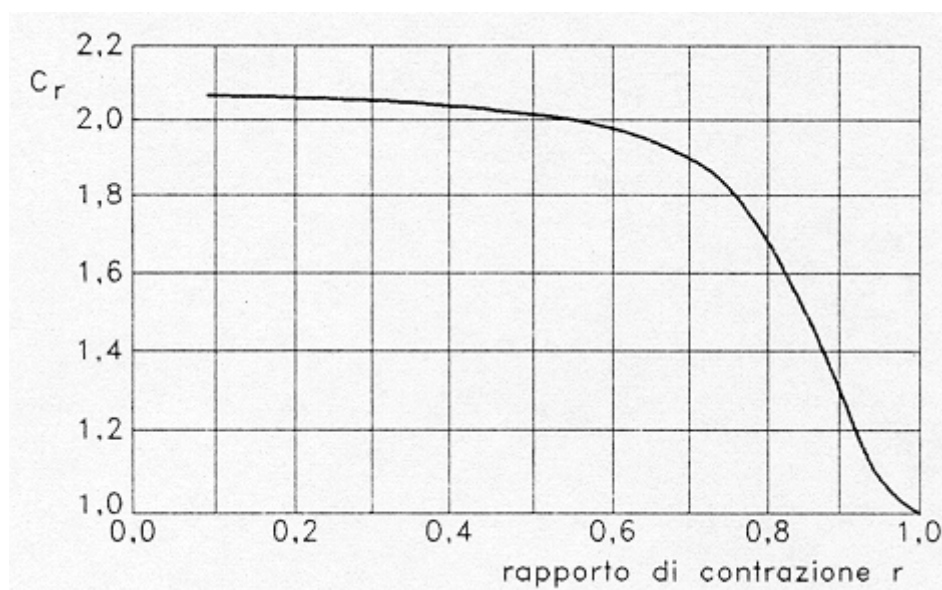


Tabella 3: valori di  $K_N$  e  $K_A$  per pile parallele alla corrente

Tipo di pila	Rapporto di contrazione r									
	0.9		0.8		0.7		0.6		0.5	
	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$	$K_N$	$K_A$
con fronte e retro a spigolo vivo	0.91	0.96	0.87	1.02	0.86	1.02	0.87	1.00	0.89	0.97
con fronte e retro semicirculari	0.94	0.99	0.92	1.13	0.95	1.20	1.03	1.26	1.11	1.31
con fronte e retro triangolari con angolo acuto al vertice di 90°	0.95		0.94		0.92					
coppia di cilindri con o senza setto di collegamento	0.91		0.89		0.88					
con fronte e retro lenticolari	0.95	1.00	0.94	1.14	0.97	1.22				

**Formula di Aubuisson**

$$Q = K_A b_1 y_2 (2g \Delta y + v_0^2)^{1/2}$$

dove  $K_A$  dipende principalmente dal rapporto di contrazione  $r$  e dalla forma e dall'orientamento dell'ostacolo (Tabella 3).

Nel caso in cui il deflusso attraverso il ponte sia di classe B, il moto avviene passando nella sezione ristretta in condizioni critiche. Per deflusso di classe 1b, la profondità a monte della sezione contratta è data da:

$$y_0 = K (Q^2 / (g b_0^2 F_{lim}^2))^{1/3}$$

dove:

$b_0$  = larghezza dell'alveo a monte del restringimento,

$F_{lim}$  = numero di Froude in funzione del rapporto di contrazione  $r$  (Fig. 1),

$K$  = coefficiente dipendente dalla forma dell'ostruzione.

Tabella 4: valori del coefficiente K per la condizione di moto di classe 1b

Tipo di ostruzione	K
pile con fronti squadrate	1.135
pile con fronti triangolari	1.085
pile con fronti semicircolari	1.050
contrazione laterale ben accompagnata	1.030-1.020

Nel caso in cui il *deflusso attraverso il ponte sia di classe C*, il massimo dell'elevazione si ha nella sezione contratta ed è inferiore, o al massimo uguale, all'altezza critica.

Per il caso particolare dei ponti ad arco, per il calcolo del rigurgito si può fare riferimento al metodo proposto da Biery e Delleur (Biery P.F., Delleur J.W. "Hydraulics of single span arch bridge constructions" journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol. 88, n. 2, p. 75-108, 1962), riportato anche sul testo "La sistemazione dei corsi d'acqua montani", U. Maione, ed. Bios 1998, cui si rimanda.

#### 4.8.6. Erosioni localizzate attorno alle fondazioni (scalzamento)

Le rapide variazioni d'intensità e di distribuzione della velocità della corrente liquida possono provocare fenomeni di erosione localizzata, soprattutto se l'alveo è composto da materiale incoerente.

La profondità di scavo massima è determinabile tramite l'applicazione di formule empiriche, disponibili nella letteratura scientifica, derivanti dai risultati di indagini sperimentali. La scelta della formula da utilizzare è demandata alle valutazioni da effettuare nell'ambito dello studio di compatibilità, in funzione della migliore rispondenza alle condizioni del caso specifico e degli elementi conoscitivi acquisiti.

A titolo esemplificativo, una delle formule comunemente utilizzate è di seguito riportata:

$$d_s/s = f_1 (v_o/v_c) (2 \tanh (y_o/s)) f_2 (\text{forma}) f_3 (\alpha, l/s)$$

dove:

$d_s$  = profondità di scavo a partire dal fondo indisturbato,

$s$  = larghezza della pila,

$l$  = lunghezza della pila,

$v_o$  = velocità media della corrente indisturbata,

$v_c$  =  $0.85 (2 g d (\gamma_s - \gamma)/\gamma)^{1/2}$  velocità critica di trascinamento, intesa come velocità media della corrente alla quale inizia il movimento del materiale di fondo di assegnato diametro  $d$ ; per materiale disomogeneo si adotta normalmente  $d = d_{50}$ ;  $\gamma_s$  e  $\gamma$  indicano il peso specifico del materiale di fondo e dell'acqua,

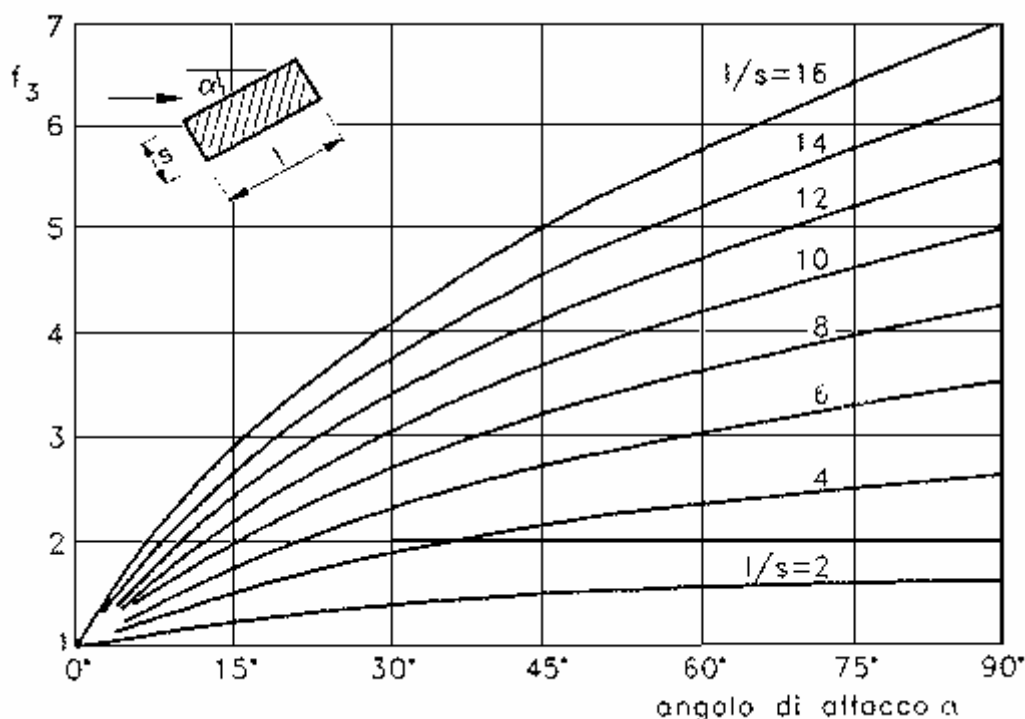
$\alpha$  = angolo tra la direzione della corrente indisturbata e la pila,

$f_1 (v_o/v_c) = 0$  per  $v_o/v_c \leq 0.5$ ,

$f_1 (v_o/v_c) = 2 v_o/v_c - 1$  per  $0.5 < v_o/v_c \leq 1.0$ ,

- $f_1 (v_o/v_c) = 1$  per  $v_o/v_c > 1.0$ ,  
 $f_2$  (forma) = 1.00 per pile circolari o con fronti arrotondate,  
 $f_2$  (forma) = 0.75 per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente,  
 $f_2$  (forma) = 1.30 per pile rettangolari,  
 $f_3 (\alpha, l/s) =$  ricavabile da Fig. 4.

Figura 4: funzione  $f_3(\alpha, l/s)$



In sede di progetto, volendo contenere il valore dello scalzamento nel limite derivante dalla dimensione della pila, è necessario porre il plinto di fondazione a una quota inferiore al valore  $d_s$  rispetto al fondo alveo; infatti nel caso in cui esso venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze provocano un ulteriore scalzamento. In tal caso il calcolo di  $d_s$  va ripetuto considerando le dimensioni del plinto invece che quelle della pila. In sede di progetto o di verifica il massimo scalzamento stimabile in corrispondenza di una pila in alveo è pertanto definito come:

$$d_{\max} = d_s + d_a$$

dove:

$d_s$  = scalzamento proprio della pila valutabile secondo l'espressione sopra riportata;

$d_a$  = abbassamento proprio del fondo alveo (eventuale) dipendente dalla tendenza evolutiva del corso d'acqua, estrapolato sulla base della durata di vita economica dell'opera.



## **ALLEGATO 1**

**alla Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B**

**Scheda guida per la valutazione compatibilità idraulica per la realizzazione di infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B**

La scheda di seguito riportata costituisce una traccia della procedura di istruttoria degli studi di compatibilità che deve essere svolta a cura dell'Autorità idraulica competente per l'emissione del parere di compatibilità ai sensi dell'art. 15 delle Norme di attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e del corrispondente art. 38 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Lo scopo della scheda è quello di oggettivare, e rendere quindi replicabile la procedura di valutazione, e di indicare dei criteri guida di riferimento nella formulazione del giudizio di compatibilità.

La scheda è compilata sulla base dei risultati dello studio di compatibilità che nel capitolo conclusivo (punto 9 "Effetti degli interventi in progetto") deve riportare in termini quantitativi gli effetti degli interventi.

Rispetto a ciascuno degli effetti presi in considerazione la scheda riporta tre voci (Fattori determinanti, Modalità di quantificazione, Elementi di compatibilità da considerare), che hanno la funzione di costituire una guida specifica della quantificazione degli effetti dell'opera in progetto.

La voce finale (Criteri guida di compatibilità) presenta invece i criteri orientativi di compatibilità, con funzioni di guida e non di prescrizione rigida; si ritiene infatti che la valutazione di compatibilità debba essere definita caso per caso in funzione della specificità del singolo progetto.

<b>Effetto E.1.:</b> modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena
---

**Fattori determinanti:** restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

**Modalità di quantificazione:** confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- innalzamento max del profilo di piena (% rispetto alla situazione indisturbata);
- estensione del tratto fluviale interessato dall'innalzamento;
- franco residuo rispetto agli argini (se esistenti);
- opere eventuali di contenimento dei livelli idrici previste nel progetto.

**Criteri guida di compatibilità:**

tratti non arginati:

- assenza di variazioni alla delimitazione della fascia B per effetto dei maggiori livelli idrici del profilo di piena;
- assenza di maggiori rischi su opere presenti;
- assenza di necessità di nuove opere di contenimento;

tratti arginati:

- franco di 1,0 m rispetto agli argini o comunque non inferiore a quello esistente nella situazione indisturbata.

<b>Effetto E.2.:</b> riduzione della capacità di invaso dell'alveo
--

**Fattori determinanti:** riduzioni delle superfici allagabili all'interno della fascia B causate dalla realizzazione dell'intervento

**Modalità di quantificazione:** confronto tra il valore dell'idrogramma di piena in portata lungo il tronco di corso d'acqua interessato in condizioni indisturbate e a intervento realizzato.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- aumento max del colmo di piena (% rispetto alla situazione indisturbata);
- estensione del tratto fluviale interessato dall'aumento;
- aumento del profilo idrico di piena conseguente (% rispetto alla situazione indisturbata);
- eventuali nuove aree inondabili con funzioni di compenso previste nel progetto.

**Criteri guida di compatibilità:**

tratti non arginati:

- assenza di variazioni alla delimitazione della fascia B per effetto dei maggiori livelli idrici del profilo di piena nel tratto a valle;
- assenza di maggiori rischi su opere presenti;
- assenza di necessità di nuove opere di contenimento;

tratti arginati:

- franco di 1,0 m rispetto agli argini o comunque non inferiore a quello esistente nella situazione indisturbata.

**Effetto E.3.:** interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti

**Fattori determinanti:** localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto

**Modalità di quantificazione:** valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- localizzazione e tipologia delle opere in rapporto alla opere idrauliche presenti e potenzialmente interessate;
- tipologia delle opere idrauliche interessate;
- eventuali modificazioni di tracciato o di tipologia delle opere idrauliche esistenti previste nel progetto,
- eventuali soluzioni costruttive adottate per garantire la compatibilità.

**Criteri guida di compatibilità:**

argini:

- localizzazione coerente con le distanze di rispetto (norme e regolamenti di polizia idraulica);
- assenza di effetti negativi sulla stabilità strutturale del corpo arginale;
- assenza di effetti negativi rispetto ai fenomeni di filtrazione nel corpo arginale o di sifonamento nelle fondazioni (fontanazzi);

opere di sponda e in alveo:

- localizzazione coerente con le norme e i regolamenti di polizia idraulica;
- mantenimento delle caratteristiche funzionali.

**Effetto E.4.:** opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

**Fattori determinanti:** necessità di protezione delle opere in progetto o di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

**Modalità di quantificazione:** progetto definitivo delle opere.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- opere idrauliche presenti;
- soluzioni costruttive adottate.

**Criteri guida di compatibilità:**

- integrazione con le opere idrauliche esistenti;
- coerenza con l'assetto di progetto del corso d'acqua nel tratto.

**Effetto E.5.:** modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena

**Fattori determinanti:** opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

**Modalità di quantificazione:** valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti, in rapporto alle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e alle relative tendenze evolutive.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- effetti erosivi di fondo e/o di sponda indotti nell'alveo inciso;
- attivazione di nuove vie di deflusso all'interno dell'alveo di piena.

**Criteri guida di compatibilità:**

- assenza di effetti erosivi nell'alveo inciso non controllati da opere;
- assenza di vie di deflusso preferenziali in piena incompatibili con l'assetto attuale e di progetto del corso d'acqua e con le relative opere idrauliche.

**Effetto E.6.:** modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

**Fattori determinanti:** opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

**Modalità di quantificazione:** valutazioni sugli effetti delle opere in progetto in rapporto alle componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche del sistema fluviali.

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- presenza di componenti o elementi di particolare rilevanza o sensibilità alle modificazioni indotte;
- opere di mitigazione previste.

**Criteri guida di compatibilità:**

- miglioramento delle condizioni dell'ecosistema fluviale ottenibili con l'intervento;
- recupero ambientale delle aree al contorno.

**Effetto E.7.:** condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

**Fattori determinanti:**

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dal deflusso in piena, con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

**Modalità di quantificazione:** valutazione delle condizioni di funzionalità dell'opera in concomitanza di un evento di piena

**Elementi di compatibilità da considerare:**

- misure di protezione previste in progetto rispetto alla sicurezza strutturale e alla funzionalità dell'intervento;
- modalità di funzionamento o di utilizzo dell'opera nel corso degli eventi di piena;
- sistemi di preannuncio e di allarme per la piena.

**Criteri guida di compatibilità:**

- condizioni di rischio compatibili.

## **ALLEGATO 2**

**alla Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B**

**Normativa vigente relativa ai ponti**

Si richiama nel seguito la normativa vigente per gli aspetti connessi alla compatibilità idraulica dei ponti.

## **1. Decreto Ministero LL.PP. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali"**

..... omissis .....

### **2.4. Problemi idraulici**

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti.

## **2. Circolare n. 34233 del 25 febbraio 1991 del Ministero LL.PP. "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali"**

..... omissis .....

### **2.4 Problemi idraulici**

*Gli elementi del ponte, quali le opere di sostegno, di difesa ed accessorie, quando interessino l'alveo di un corso d'acqua, specie se di qualche importanza, dovranno far parte di un progetto unitario. Nello studio andranno in particolare illustrati i seguenti aspetti:*

*ricerca e raccolta presso gli Uffici ed Enti competenti delle notizie e dei rilievi esistenti, utili per lo studio idraulico da svolgere,*

- *giustificazione della soluzione proposta per: l'ubicazione del ponte, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta, in elevazione e in fondazione, tenuto conto del regime del corso d'acqua, dell'assetto morfologico attuale e della sua prevedibile evoluzione e della natura geologica della zona interessata;*
- *studio idrologico degli eventi di massima piena; esame dei principali eventi verificatisi nel corso d'acqua; raccolta dei valori estremi, in quanto disponibili, e loro elaborazione in termini di frequenza probabile del loro verificarsi; definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;*
- *definizione della scala delle portate nella sezione interessata per le condizioni attuali e per quelle dipendenti dal costruendo manufatto, anche per le diverse e possibili fasi costruttive previste; calcolo del rigurgito provocato dal ponte.*

*Nel caso in cui l'opera di attraversamento sia costituita, oltre che dal ponte vero e proprio, anche da uno o due rilevati collocati in alveo, dovranno essere valutate quali modifiche possono prodursi a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva.*

#### **2.4.1. Indicazione dei criteri per fissare il franco minimo rispetto al livello di massima piena**

La quota idrometrica e il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto anche in considerazione della tipologia dell'opera e delle situazioni ambientali.

Può ritenersi normalmente che il valore della portata massima e del relativo franco siano riferiti ad un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni; è di interesse stimare i valori della frequenza probabile di ipotetici eventi che diano luogo a riduzioni del franco stesso. Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave dovrà comunque essere non inferiore alla quota della sommità arginale.

Nello studio idraulico, sempre che le opere interessino l'alveo, dovranno inoltre essere considerati i seguenti problemi:

- classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna;
- valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme e alle dimensioni delle pile, delle spalle e delle relative fondazioni, nonché dei rilevati;
- valutazione degli effetti dovuti alla eventuale presenza di una corrente veloce;
- esame delle conseguenze della presenza di natanti, corpi flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, e studio della difesa dagli urti e dalle abrasioni, nonché delle conseguenze di possibili ostruzioni delle luci (specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte), sia nella fase costruttiva sia durante l'esercizio delle opere.

In situazioni particolarmente complesse può essere opportuno sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli idraulici sperimentali.

#### **2.4.2. Relazione idraulica**

Le questioni idrauliche, trattate con ampiezza e grado di approfondimento commisurati alla natura dei problemi ed al grado di elaborazione del progetto, saranno oggetto di apposita relazione idraulica, che farà parte integrante del progetto stesso.

### **3. "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, all'eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione" - PS 45 (art. 4, comma 5, legge 22/95). Approvato con deliberazione 10 maggio 1995, n. 9, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po. Norme di attuazione.**

..... omissis .....

#### **7.9.2.4 Norme per gli attraversamenti interferenti con la rete idrografica**

1. L'evento alluvionale ha messo in evidenza nelle aree colpite una situazione di generale inadeguatezza delle opere di attraversamento e dei relativi rilevati di accesso. Le opere in questione sono state frequentemente danneggiate o demolite e hanno inoltre frequentemente contribuito ad aggravare almeno localmente le condizioni di piena (effetto di rigurgito, sbarramenti effimeri delle luci) e i conseguenti effetti sul territorio.

2. Per la progettazione dei ponti stradali si richiamano le norme vigenti, D.M. del 2 agosto 1980 e D.M. del 4 maggio 1990 "Norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali" e la Circolare del Ministero LL.PP. n. 34233 del 25 febbraio 1991 recante "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali" in cui sono contenuti indirizzi e prescrizioni circa il dimensionamento idraulico dei manufatti.

3. In particolare i progetti di ricostruzione dei ponti e dei rilevati dovranno contenere, ai fini della sicurezza delle stesse strutture, le seguenti verifiche:

- franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota di intradosso del ponte pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a un 1.00 m,
- il dimensionamento delle opere di fondazione, lo scalzamento massimo sulle pile e le spalle (scalzamento diretto + modificazioni d'alveo) compatibile,

- *interasse minimo tra le pile adeguato a non provocare fenomeni di ostruzione.*

*Il dimensionamento idraulico dei rilevati di accesso in area golenale soggetta ad esondazione dovrà considerare e definire i seguenti elementi essenziali:*

- *franco minimo tra quota di massima piena di progetto e quota del piano viabile pari a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m*
- *scalzamento massimo ammissibile al piede compatibile con le relative opere di controllo.*

*4. Dovrà essere inoltre condotta una verifica sul fatto che l'attraversamento non provochi ostruzioni e condizionamenti delle modalità di deflusso dell'alveo di piena incompatibili con le condizioni di sicurezza dell'area circostante e con le caratteristiche delle opere di difesa. Dovrà pertanto essere condotta la valutazione della compatibilità dei manufatti con l'assetto dell'alveo in termini di:*

- *effetti di restringimento dell'alveo attivo e/o di indirizzamento della corrente;*
- *effetti di rigurgito a monte;*
- *compatibilità locale con le opere idrauliche esistenti.*

*5. Ai fini della verifica di compatibilità di cui al punto precedente l'Amministrazione competente sul corso d'acqua è tenuta a definire la portata di piena di riferimento al quale riferire le verifiche di compatibilità delle opere di attraversamento. In via transitoria, nei casi in cui l'amministrazione non sia in condizioni di fissare il valore di portata, in relazione alla mancanza di dati e studi idrologici relativi al corso d'acqua nella sezione di attraversamento, la portata di piena di riferimento dovrà essere individuata nell'ambito del progetto di ricostruzione.*

*6. Per le opere minori di attraversamento (ponticelli e scatolari) il dimensionamento idraulico dei manufatti dovrà considerare e definire i seguenti elementi essenziali:*

- *condizioni di deflusso in funzione della portata liquida di progetto;*
- *condizioni di deflusso in funzione della portata solida di progetto;*
- *effetti di erosione allo sbocco e relative protezioni.*

*7. Il progetto di ricostruzione o di nuova realizzazione di un ponte stradale o ferroviario dovrà essere corredato da una relazione di progetto idraulico del manufatto contenente :*

- *descrizione e giustificazione della soluzione progettuale proposta in relazione all'ubicazione e alle dimensioni degli elementi strutturali interessanti l'alveo (sia in fase di costruzione che d'esercizio) in rapporto all'assetto morfologico attuale dello stesso e alla sua prevedibile evoluzione, alla natura geologica della zona interessata, al regime idraulico del corso d'acqua;*
- *definizione della portata di piena di riferimento e del relativo tempo di ritorno;*
- *calcolo del profilo per la piena di riferimento in condizioni di moto stazionario in assenza e in presenza del manufatto di attraversamento con evidenziazione degli effetti di rigurgito eventualmente indotti;*
- *evidenziazione delle interazioni con l'alveo di piena in termini di eventuale restringimento della sezione di piena, orientamento delle pile in alveo in rapporto alla direzione della corrente, eventuale riduzione delle aree allagabili, eventuali effetti di possibili parziali ostruzioni delle luci a causa del materiale galleggiante trasportato dall'acqua;*
- *individuazione e progettazione delle eventuali opere di sistemazione dell'alveo (difesa di sponda, soglia di fondo, argini) che si rendano necessari in relazione alla realizzazione del ponte secondo criteri di compatibilità e integrazione con le opere idrauliche esistenti;*
- *quantificazione dello scalzamento massimo prevedibile sulle fondazioni delle pile in alveo, delle spalle e dei rilevati di approccio e progettazione delle eventuali opere di protezione necessarie;*
- *indicazione delle eventuali interferenze delle opere di attraversamento con le sistemazioni idrauliche presenti (argini, opere di sponda, ...) e delle soluzioni progettuali che consentano di garantirne la compatibilità.*

*L'ampiezza e l'approfondimento del progetto idraulico e delle indagini che ne costituiscono la base dovranno essere commisurati all'importanza dell'opera e al grado di elaborazione del progetto generale.*

*8. Le norme fissate andranno adottate anche per la verifica delle opere di attraversamento esistenti e non soggette a interventi di ripristino. Rispetto a tali opere dovrà essere definito, a cura degli Enti proprietari o gestori delle opere, un programma di graduale adeguamento per quelle che fossero risultate inadeguate rispetto le verifiche fissate in funzione anche delle esigenze di manutenzione straordinaria delle opere stesse. Per quelle opere che risultino incompatibili con le sistemazioni idrauliche previste nel presente piano dovranno essere adottati i provvedimenti necessari contestualmente alla realizzazione degli interventi idraulici.*