



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE

## PIANO DI BACINO DEL FIUME TEVERE



piano stralcio  
per il tratto metropolitano  
del Tevere da Castel  
Giubileo alla foce - P.S.5



# Allegato E

Documento di indirizzo per l'attività di navigazione ed il rilascio di concessioni di  
specchi acquei ed aree golenali demaniali nel tratto del  
Tevere da Castel Giubileo alla foce

Il Segretario Generale : ing. Giorgio Cesari  
Il coordinatore del Piano : ing. Carlo Ferranti  
Il Comitato Tecnico

### PARTE 3°

**Linee guida per il progetto e la realizzazione dei  
sistemi di ormeggio per le installazioni  
galleggianti**

Revisione  
Novembre 2010





RINA

## Linee Guida per il Progetto e la Realizzazione di Sistemi di Ormeaggio per Installazioni Galleggianti Fluviali





## INDICE

<b>CAPITOLO 1 ANALISI DEL PROBLEMA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Oggetto</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Analisi del problema</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Quadro normativo</b> .....	<b>8</b>
3.1 Norme dell’Autorità di Bacino .....	8
3.2 Norme per le verifiche strutturali degli organi di ormezzo e delle fondazioni in banchina .....	9
3.3 Certificazione RINA .....	10
3.4 Standards internazionali .....	10
<b>4 Definizioni</b> .....	<b>10</b>
4.1 Nave .....	10
4.2 Galleggiante.....	10
4.3 Installazione galleggiante (IG) .....	10
4.4 Sistema di ormezzo (o ‘ormezzo’) .....	10
4.5 Fondazione .....	10
4.6 Specchio acqueo.....	11
4.7 Banchina.....	11
4.8 Golena o area golenale .....	11
4.9 Operatore.....	11
4.10 Tecnico abilitato .....	11
4.11 Collaudatore.....	11
4.12 Certificatore .....	11
<b>CAPITOLO 2 IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Configurazione di ormezzo base</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Configurazione di ormezzo articolata</b> .....	<b>16</b>
<b>3 Ancoraggio alla sponda</b> .....	<b>17</b>
<b>4 Requisiti di sicurezza per gli elementi di ormezzo</b> .....	<b>17</b>
<b>5 Criteri di progetto per linee di ormezzo flessibili</b> .....	<b>18</b>
5.1 Cavi o funi di acciaio .....	18
5.2 Equipaggiamento d’ormezzo in banchina .....	18
<b>6 Raccomandazioni sul progetto della IG influenti il sistema di ormezzo</b> .....	<b>18</b>
<b>CAPITOLO 3 CARATTERIZZAZIONE DELL’AMBIENTE FLUVIALE</b> .....	<b>21</b>
<b>1 Caratterizzazione degli eventi ambientali</b> .....	<b>21</b>
<b>2 Caratterizzazione del regime idrologico</b> .....	<b>21</b>
2.1 Rischio idraulico.....	21
2.2 Definizione del regime di piena.....	22
<b>3 Vento</b> .....	<b>22</b>
3.1 Condizioni di vento.....	22
3.2 Dati sul vento .....	22
3.3 Modellazione del vento.....	23
<b>4 Corrente</b> .....	<b>23</b>
4.1 Parametri per la corrente.....	23
4.2 Dati di corrente.....	23



4.3	Effetti del vento sulla corrente fluviale.....	24
4.4	Effetti della corrente fluviale sulle sponde .....	24
<b>5</b>	<b>Onde transitorie.....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Temperatura.....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Accrescimento biologico .....</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Sisma .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPITOLO 4 ANALISI DEI CARICHI .....</b>		<b>27</b>
<b>1</b>	<b>Generalità.....</b>	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>Tipi di carico .....</b>	<b>27</b>
2.1	Carichi gravitazionali .....	27
2.2	Carichi funzionali.....	27
2.3	Carichi ambientali.....	27
2.4	Carichi accidentali .....	28
2.5	Forze dal passaggio di natanti.....	28
2.6	Forze da piccoli natanti all'ormeaggio.....	29
<b>3</b>	<b>Determinazione dei carichi ambientali .....</b>	<b>29</b>
3.1	Valutazione delle forze dovute al vento.....	29
3.2	Valutazione delle forze dovute alla corrente.....	30
3.3	Forze dovute al sisma .....	31
<b>CAPITOLO 5 MATERIALI E SALDATURA .....</b>		<b>33</b>
<b>1</b>	<b>Elementi strutturali di acciaio .....</b>	<b>33</b>
1.1	Rispondenza ai requisiti normativi vigenti .....	33
1.2	Acciaio laminato.....	33
1.3	Saldature .....	34
1.4	Bulloni e chiodi.....	34
<b>2</b>	<b>Calcestruzzo .....</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>Tiranti di ancoraggio .....</b>	<b>34</b>
<b>CAPITOLO 6 ANALISI DEL SISTEMA DI ORMEGGIO .....</b>		<b>35</b>
<b>1</b>	<b>Metodi di analisi.....</b>	<b>35</b>
<b>2</b>	<b>Determinazione delle sollecitazioni .....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>Verifiche di sicurezza .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>Combinazioni di carico.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITOLO 7 VERIFICA DEI COMPONENTI IL SISTEMA DI ORMEGGIO .....</b>		<b>39</b>
<b>1</b>	<b>Verifica elemento distanziatore .....</b>	<b>39</b>
1.1	Tensioni limite per elementi distanziatori di tipo cilindrico.....	39
1.2	Tensioni combinate per elementi cilindrici.....	42
1.3	Verifiche funzionali per l'elemento distanziatore.....	43
<b>2</b>	<b>Verifica dell'elemento di ancoraggio .....</b>	<b>45</b>
2.1	Verifica di resistenza e stabilità globale .....	45
2.2	Verifiche locali di resistenza e stabilità.....	47
2.3	Verifiche funzionali dell'elemento di ancoraggio.....	48
<b>3</b>	<b>Verifica dei cinematismi .....</b>	<b>48</b>
3.1	Scorrimento pattino .....	48



<b>4</b>	<b>Verifica dei collegamenti</b> .....	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Verifiche a fatica</b> .....	<b>49</b>
<b>CAPITOLO 8 VERIFICA DELLA FONDAZIONE</b> .....		<b>51</b>
<b>1</b>	<b>Criteri generali</b> .....	<b>51</b>
<b>2</b>	<b>Indagini geotecniche</b> .....	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>Verifiche del sistema fondazione</b> .....	<b>51</b>
	3.1 Ribaltamento.....	52
	3.2 Capacità portante e resistenza allo scorrimento.....	52
	3.3 Assestamenti e spostamenti.....	53
<b>4</b>	<b>Stabilità dell'argine</b> .....	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>Verifica fondazione in scarpa</b> .....	<b>54</b>
<b>CAPITOLO 9 REQUISITI PER L'ESECUZIONE E LA MANUTENZIONE</b> .....		<b>55</b>
<b>1</b>	<b>Protezione dalla corrosione delle strutture di acciaio</b> .....	<b>55</b>
	1.1 Generalità .....	55
	1.2 Sistemi per la protezione dalla corrosione.....	55
<b>2</b>	<b>Controlli in esecuzione</b> .....	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>Materiali e prodotti</b> .....	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>Esecuzione delle saldature</b> .....	<b>56</b>
	4.1 Procedimento di saldatura.....	56
	4.2 Controlli non distruttivi .....	57
<b>5</b>	<b>Collaudo</b> .....	<b>57</b>







## INTRODUZIONE

Questo documento è stato sviluppato dal RINA su incarico conferito dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere nell'ambito delle attività, dette di II fase, previste dal Decreto del P.C.M. – Dipartimento della Protezione Civile del 21.10.2009, pubblicato sulla G.U. del 11.11.2009, "Disposizioni attuative dell'art. 8, commi 5 e 6 della Ordinanza n. 3734" e dettagliate nella Tabella degli interventi di seconda fase riportata in allegato al decreto stesso.

Il presente documento è strutturato come un documento di indirizzo per la definizione da parte di AB Tevere di un quadro di regolamentazione delle installazioni galleggianti (IG) nel tratto urbano del Tevere, e riporta le linee guida inerenti l'analisi delle problematiche tecniche, l'impostazione normativa e progettuale e la conseguente definizione di criteri e prescrizioni per l'ormezzo in sicurezza delle IG in ambito fluviale.





## CAPITOLO 1 ANALISI DEL PROBLEMA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

### 1 Oggetto

L'obiettivo di queste linee guida è fornire criteri, requisiti tecnici e metodologie da adottare per la realizzazione di sistemazioni e dispositivi di ormeggio per installazioni galleggianti attraccate lungo le sponde del Tevere.

Il requisito fondamentale di un qualsiasi sistema di ormeggio consiste nell'impedire che l'imbarcazione si allontani dalla banchina o collida con adiacenti infrastrutture o altre installazioni ormeggiate.

In generale, i sistemi di ormeggio devono essere anche tali da facilitare le manovre di avvicinamento e di allontanamento dalla banchina, tuttavia, nel caso in oggetto, il requisito principale riguarda lo stazionamento sicuro lungo le sponde delle installazioni soggette al regime di idrodinamica fluviale.

Le installazioni galleggianti considerate sono quelle che risiedono nell'area di giurisdizione dell'Autorità di Bacino del Tevere e queste linee guida sono di conseguenza redatte sotto lo specifico indirizzo e le raccomandazioni riportate nei documenti normativi predisposti da tale Autorità.

Detti documenti sono stati quindi esaminati propedeuticamente alla scrittura di questo documento.

In particolare, queste linee guida sono redatte sulla base di informazioni e prescrizioni tratte dai seguenti documenti:

- [1.1] Gruppo di Lavoro Ardis – Capitaneria di Porto – AB Tevere - Decreto capo Protezione Civile 5.3.2009, Attività A.6 Tabella I – Censimento, mappatura e verifica delle installazioni galleggianti nel tratto del Tevere da Castel Giubileo alla foce – Relazione Tecnica
- [1.2] Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Piano di bacino del fiume Tevere P.S. 5 – Norme di attuazione – Allegato E
- [1.3] Autorità di Bacino del Fiume Tevere - Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – Norme

### 2 Analisi del problema

L'ormeaggio sicuro di un galleggiante è il risultato della conoscenza congiunta de:

- i principi di un buon ormeggio ai fini di una corretta disposizione d'ormeaggio;
- l'entità delle forze che agiscono sull'installazione galleggiante;
- l'entità dei carichi sui cavi/elementi che costituiscono le linee di ormeggio;
- i limiti dovuti agli aspetti funzionali e alle sistemazioni di ancoraggio, a bordo e in banchina.

In ambito marinarisco, il termine disposizione di ormeggio significa la maniera con cui i cavi di ormeggio di un galleggiante (nave) sono sistemati per tenere la nave attraccata.

La seguente figura 1.1 mostra una tipica disposizione degli ormeggi e definisce la terminologia usata.

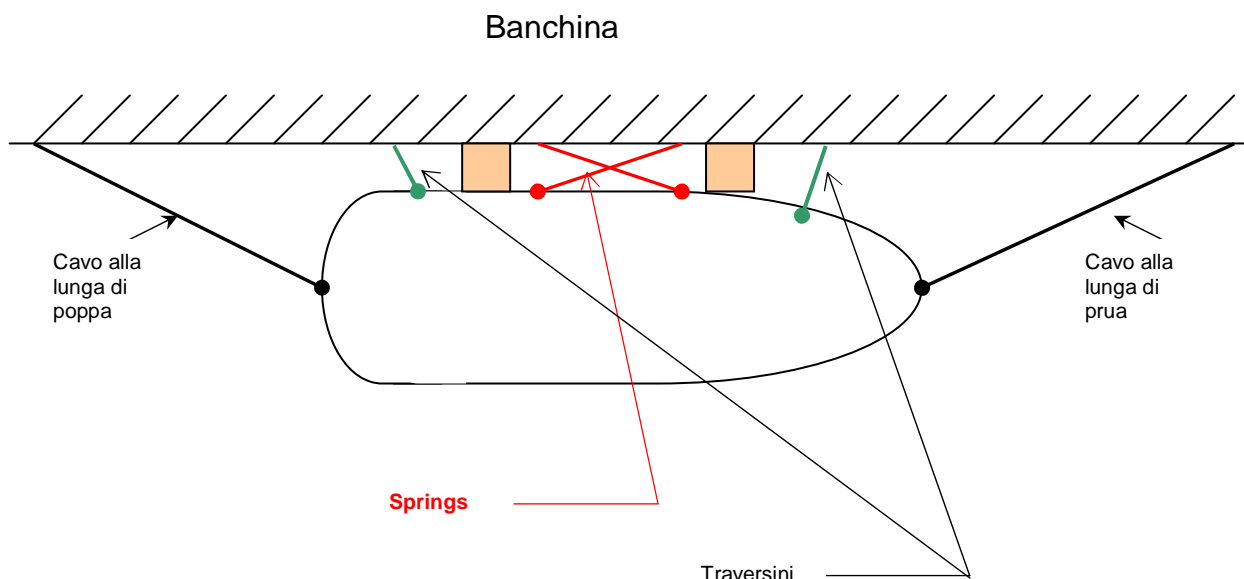


Figura 1.1 – Tipica disposizione degli ormeggi di un natante

Il problema di come ottimizzare la sistemazione degli ormeggi per resistere alle forze applicate costituisce quindi la principale questione da un punto di vista delle operazioni di attracco di grosse navi a pontili o isole in mare aperto, mentre, per quanto riguarda le configurazioni di ormeggio in ambito fluviale oggetto di questa guida, la problematica della configurazione è relativamente semplice e sostanzialmente definita nel Capitolo 2.

Definita la configurazione di ormeggio, intesa come disposizione e numero delle linee di ormeggio, occorre affrontare gli aspetti peculiari di:

- Valutazione delle azioni agenti;
- Scelta dei materiali;
- Criteri di verifica della resistenza e durabilità;
- Collaudo e manutenzione,

degli elementi strutturali costituenti la linea di ormeggio; i Capitoli da 3 a 9 di questa guida coprono quindi tali aspetti per la configurazione d'ormeggio di una IG definita nel Capitolo 2.

La presente guida non si applica altresì a linee di ormeggio per installazioni galleggianti non incluse nel tratto urbano del Tevere, di specifico interesse di questo documento, così come non riporta criteri o prescrizioni dirette a verificare la robustezza strutturale e la stabilità dell'installazione galleggiante nel suo complesso.

### 3 Quadro normativo

#### 3.1 Norme dell'Autorità di Bacino

Il documento è fornito a carattere di raccomandazioni tecniche, al fine di avere una linea di ormeggio adatta allo scopo, ma non introduce prescrizioni di carattere, sia tecnico sia amministrativo, per cui RINA non ha alcun titolo.

In particolare, per quanto riguarda la verifica degli elementi strutturali della linea, la certificazione dei materiali e dei prodotti utilizzati per la sua realizzazione, l'eventuale collaudo finale, ovvero gli aspetti inerenti le responsabilità amministrative per il progetto, la corretta esecuzione e la manutenzione della sistemazione



di ormeggio, devono intendersi applicate in ogni caso le prescrizioni della legislazione vigente o le specifiche norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

Le norme indicate da quest'ultima Autorità, di specifico riferimento per la regolamentazione dell'ormeaggio delle installazioni galleggianti, sono riportate all'Art. 22 del documento [1.2] e costituiscono quindi premessa fondamentale alla stesura dei criteri riportati nei successivi capitoli di questo documento:

- 1. Le I.G. devono essere saldamente assicurate alla riva; allo stesso tempo l'ormeaggio deve essere realizzato tramite idonee attrezzature articolate che permettano l'escursione in senso verticale fino alla massima quota di piena prevedibile e determinata dalla portata duecentennale.*
- 2. Tali organi di ormeaggio devono consentire di mantenere le I.G. sempre in posizione orizzontale rispetto al piano di galleggiamento, devono essere circoscritti, sufficientemente autonomi e dovranno mantenere l'I.G. distanziata dalla banchina e/o dalla sponda naturale mediante distanziatori, opportunamente ancorati all'intelaiatura della struttura dell'I.G.*
- 3. Sono vietati ormeaggi realizzati con cavi d'acciaio, funi o simili che siano collegati alle strutture dei ponti ed altri manufatti. Cavi e funi possono essere utilizzati temporaneamente soltanto in caso di particolari situazioni di emergenza per rinforzare l'ormeaggio dell'I.G. durante eventi di piena.*
- 4. L'I.G. deve comunque essere in grado di seguire le oscillazioni di livello del fiume in modo autonomo senza la presenza continua di personale.*
- 5. Gli organi e i meccanismi di attracco devono essere calcolati come elementi resistenti in condizioni di massima piena con velocità non inferiore a 3,5 m/s e devono essere dotati di certificazione redatta da tecnico abilitato. Al fine di garantire il mantenimento nel tempo delle condizioni di progetto gli organi di ormeaggio delle I.G. devono essere sottoposti a revisione annuale con rilascio da parte di tecnico abilitato di certificazione della revisione avvenuta.*
- 6. Le I.G. devono essere dotate verso monte in corrispondenza dell'attracco di apposito deflettore che devii i materiali trasportati dalla corrente in modo che questi non danneggino, in ogni condizione, il corpo galleggiante, l'attracco e i suoi meccanismi.*

### **3.2 Norme per le verifiche strutturali degli organi di ormeaggio e delle fondazioni in banchina**

Per quanto riguarda gli elementi strutturali componenti il sistema di ormeaggio e la sua fondazione in banchina è comunque necessario il rispetto delle norme vigenti per le opere civili, con particolare riferimento alla legge [2.1] per l'identificazione delle responsabilità amministrative e alla recenti Norme tecniche per le Costruzioni [2.2] che includono anche le più aggiornate prescrizioni per la progettazione antisismica.

[2.1] Legge 5 novembre 1971, n. 1086: Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

[2.2] Norme tecniche per le costruzioni (Testo unico). D.M. Gennaio 2008.

Infine, per la definizione di criteri e metodologie di verifica di membrature e giunti in acciaio, con particolare riferimento agli elementi distanziatori tubolari, ai profili in acciaio e ai collegamenti degli organi di ormeaggio si suggerisce l'utilizzo delle seguenti raccomandazioni CNR:

[2.3] CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istruzioni 10011/97 per le costruzioni in acciaio,

mentre le più aggiornate raccomandazioni per la valutazione delle azioni del vento, uno dei carichi più importanti per il progetto dell'ormeaggio, sono:

[2.4] CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istruzioni DT 207/2008 Istruzioni per la valutazione degli effetti del vento sulle costruzioni.



### 3.3 Certificazione RINA

L'applicazione dei principi e dei requisiti tecnici contenuti in questo documento deve considerarsi altresì fondamentale qualora per le parti oggetto di questa guida si richieda una certificazione RINA.

La specifica certificazione RINA o, più in generale, ogni atto o dichiarazione rilasciata da RINA non sollevano le parti interessate dalla loro responsabilità di rispettare addizionali o più stringenti requisiti prescritti dall'Autorità competente o dalle leggi vigenti in materia.

Per questioni non specificatamente coperte da queste linee guida si applicano i requisiti del 'Regolamento per la Classificazione delle Navi' emesso da RINA o, più in generale, l'insieme dei Regolamenti RINA applicabili.

### 3.4 Standards internazionali

Per la generale definizione dei criteri di progetto e delle metodologie di verifica di un sistema di ormeggio si consiglia il riferimento al seguente codice normativo, utilizzato a livello internazionale:

[2.5] OCIMF, Oil Companies International Marine Forum, Mooring Equipment Guidelines, 3rd Edition

Inoltre, poiché non sono disponibili raccomandazioni nazionali analoghe a [2.4] per la valutazione degli effetti della corrente, altro tipo di carico particolarmente rilevante ai fini del progetto del sistema d'ormeggio, si consiglia, a tal fine, la consultazione della norma:

[2.6] British Standard BS 6349-6, Code of practice for maritime structures – Part 6: Design of inshore moorings and floating structures,

a cui si farà peraltro riferimento nel par. 3.2 del capitolo 4.

## 4 Definizioni

### 4.1 Nave

Qualsiasi costruzione destinata al trasporto per acqua, anche a scopo di rimorchio, di pesca, di diporto, o ad altro scopo (art.136 del Codice della Navigazione);

### 4.2 Galleggiante

Qualsiasi mezzo navale mobile tipo una draga, un pontone, una gru, fornito d'installazioni per i lavori in acqua, che sia privo di autonomi mezzi di propulsione e di governo;

### 4.3 Installazione galleggiante (IG)

Qualsiasi costruzione galleggiante che per essere utilizzata deve essere permanentemente e saldamente assicurata alla riva con idonei sistemi di ormeggio; normalmente destinata a ospitare persone o equipaggiamenti per differenti scopi, di tipo ricreativo, commerciale, ecc. comunque non industriale: non sono previsti nei criteri di questa guida eventi legati a rischi di tipo industriale come esplosioni, sollecitazioni dovute all'ormeggio di grosse navi, spostamenti conseguenti a movimenti di tipo funzionale diversi da quelli caratteristici dell'ambiente fluviale;

### 4.4 Sistema di ormeggio (o 'ormezzo')

Sistema articolato di componenti strutturali che collega la fiancata dell'IG alla banchina;

### 4.5 Fondazione

L'insieme dei componenti strutturali il sistema di ormeggio interagente con il terreno di argine o il suolo di banchina;



#### **4.6 Specchio acqueo**

La parte della superficie d'acqua del fiume, in condizioni di livello ordinarie, racchiusa entro un poligono geometrico;

#### **4.7 Banchina**

Opera idraulica atta a proteggere la bassa sponda del fiume costruita su solide fondamenta;

#### **4.8 Golena o area golenale**

La zona di terreno pianeggiante compresa tra il ciglio di sponda del fiume e il suo argine, che viene sommersa nei periodi di piena;

#### **4.9 Operatore**

Il proprietario o il titolare amministrativo della licenza di locazione dell'IG responsabile della gestione dell'installazione nel rispetto delle norme emanate dall'Autorità di Bacino;

#### **4.10 Tecnico abilitato**

Ingegnere o architetto iscritto all'albo professionale in modo continuativo da almeno 10 anni, responsabile della progettazione o della esecuzione dei lavori di realizzazione del sistema di ormezzo;

#### **4.11 Collaudatore**

Ingegnere o architetto iscritto all'albo professionale in modo continuativo da almeno 10 anni, responsabile delle attività di collaudo, ovvero dell'attività a carattere professionale che comprende tutte le verifiche e le prove necessarie ad accertare la rispondenza dell'opera alle prescrizioni progettuali;

#### **4.12 Certificatore**

Ente terzo indipendente, accreditato per le verifiche e prove necessarie a certificare la conformità del sistema di ormezzo alle norme applicabili.





## CAPITOLO 2 IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO

### 1 Configurazione di ormeggio base

Al fine di consentire all'IG di seguire l'escursione del livello di profondità d'acqua del fiume, in particolare fino alla massima quota di piena prevedibile (punto 1. art. 22 [1.2]), il sistema di ormeggio deve essere progettato in modo tale da avere un grado di libertà in senso verticale, mentre gli altri spostamenti, inerenti il possibile distacco della IG dalla sponda sotto l'azione del regime idrodinamico fluviale, devono essere adeguatamente impediti da un insieme di componenti strutturali in cui si genera uno stato tensionale e deformativo che deve essere verificato nel rispetto dei livelli di sicurezza ammissibili.

Per conferire le menzionate caratteristiche funzionali di base, la configurazione di ormeggio può essere in generale prevista costituita da bracci distanziatori elevatori e cavi ancorati, come in figura 2.1.

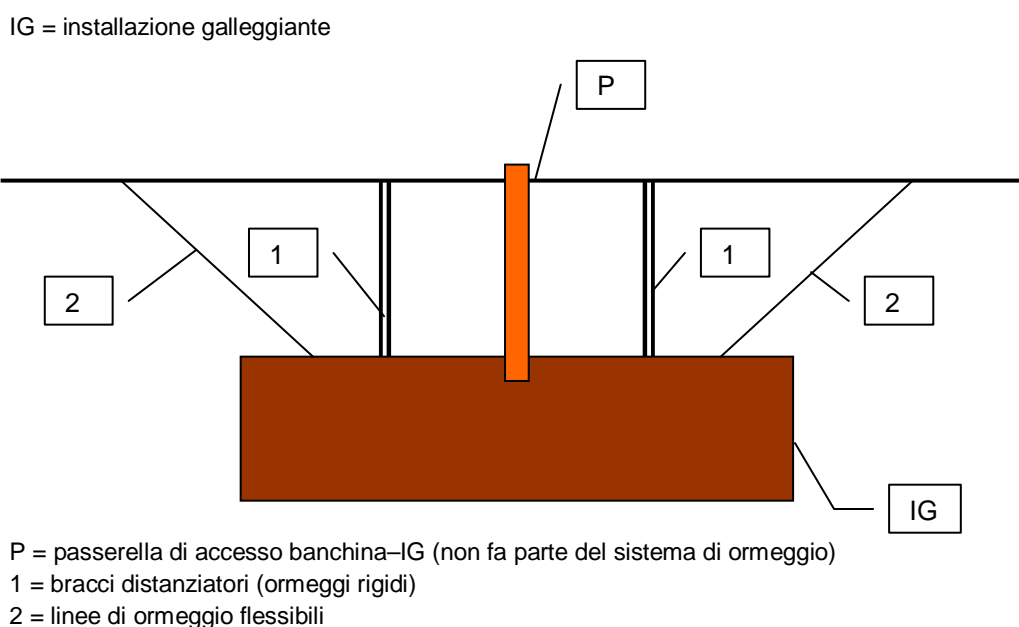


Figura 2.1 – Configurazione d'ormeccio base per IG fluviale

dove si impiegano bracci costituiti da aste articolate (minimo due) e linee di ormeccio angolate rispetto alla banchina.

I bracci articolati, tipicamente costituiti da elementi tubolari di acciaio, sono incernierati ad entrambe le estremità e controllano il moto normalmente alla banchina.

Le linee di ormeccio (normalmente costituite da funi di acciaio) sono tipicamente ancorate alla banchina attraverso bitte o punti fissi di ormeccio.

Queste linee controllano il moto parallelo alla banchina e impediscono anche la deriva dell'IG.

In relazione all'entità delle forze in gioco, e alla distanza dalla banchina, l'intero sistema di ormeccio può impiegare solo bracci articolati per controllare il moto in ogni direzione.

Occorre in ogni caso rispettare la prescrizione 3. dell'art. 22 di [1.2] che vieta l'uso di elementi flessibili come cavi e funi.

Cavi e funi saranno considerati quindi solo per funzionare in situazioni di emergenza, ma il sistema deve essere progettato per essere sicuro, sotto l'azione degli eventi previsti, come costituito solo dai bracci 1 che dovranno funzionare anche come elementi distanziatori (punto 2. art. 22 [1.2]), consentire la fondamentale

escursione verticale anche in assenza di intervento umano (punto 4. art. 22 [1.2]) e controllare anche i moti paralleli alla banchina.

Considerando quindi le prescritte caratteristiche funzionali e di sicurezza, nel seguito saranno discussi i criteri di progetto e verifica di un sistema di ormeggio fondamentalmente costituito da (almeno) due bracci distanziatori elevatori come schematizzato in figura 2.2.

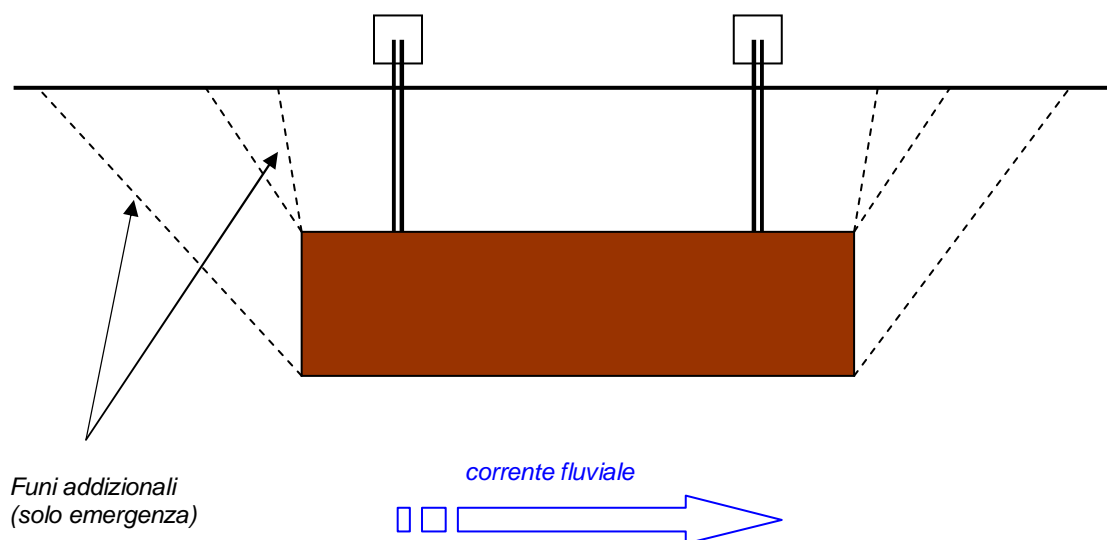


Figura 2.2 – Configurazione d'ormeaggio con bracci distanziatori

dove i bracci distanziatori sono prevalentemente costituiti da elementi tubolari in acciaio, soggetti a sollecitazione di compressione o trazione, combinata alla flessione, conseguente all'azione di vento e corrente, mentre l'escursione verticale è garantita ad es. da un collegamento a pattino su un ulteriore elemento strutturale (es. trave IPE o HE) fondato sulla sponda del fiume.

Una generale rappresentazione assonometrica dell'elemento d'ormeaggio raccomandato per IG fluviale è riportato nella figura 2.3.

La presenza delle funi (o cavi) è ammessa come detto solo in condizioni d'emergenza, tuttavia non deve mai costituire vincolo all'eventuale necessità di escursione verticale in regime di piena del fiume.

Tali linee possono essere quindi introdotte in situazione d'emergenza a rinforzo dell'ormeaggio, sotto il controllo dell'operatore: la IG non può essere lasciata senza presidio e ormeggiata con soli cavi.

Il sistema di ormeaggio adottato deve essere in definitiva costituito da bracci distanziatori ed elevatori che garantiscano da soli la tenuta in posizione della IG sotto le azioni di progetto indicate nel Capitolo 4 ed eventuali linee di ormeaggio aggiuntive costituite da funi o cavi in acciaio sono ammesse a patto che il loro posizionamento non costituisca vincolo alla libera escursione in senso verticale del piano di galleggiamento della IG.

E' raccomandato infine verificare che il CRM (definito come al Par. 5.1) della fune più resistente utilizzata sia comunque inferiore al carico ultimo di resistenza di ogni singolo tubo distanziatore.

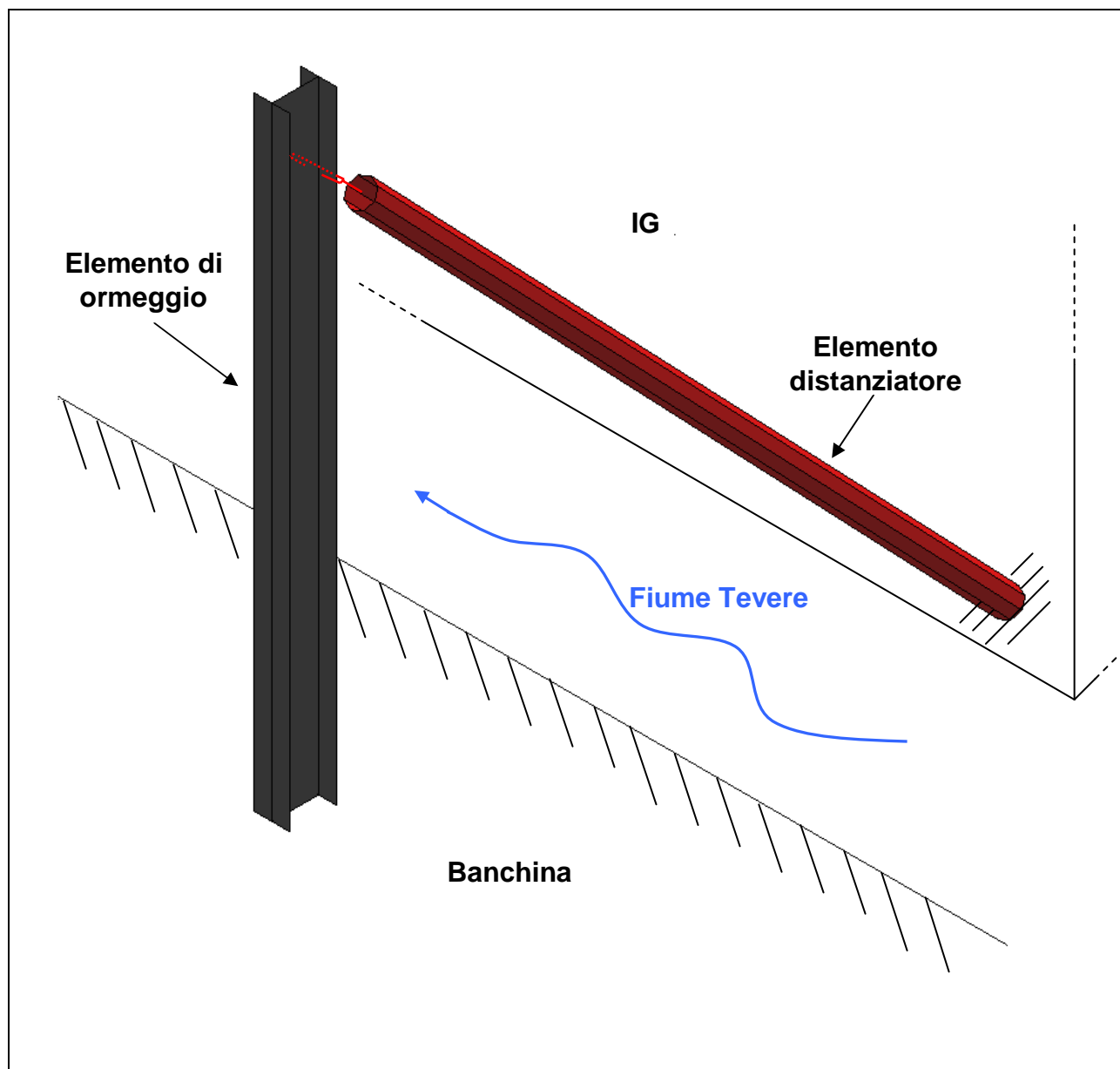
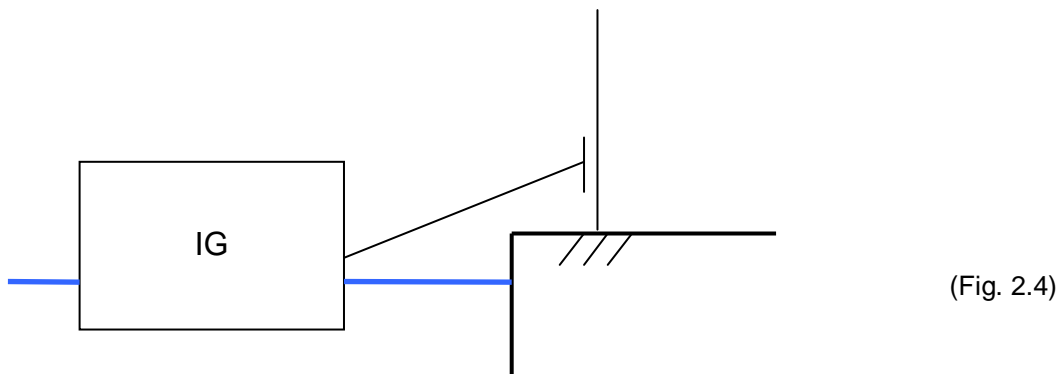


Figura 2.3 – Ormezzo per IG fluviale

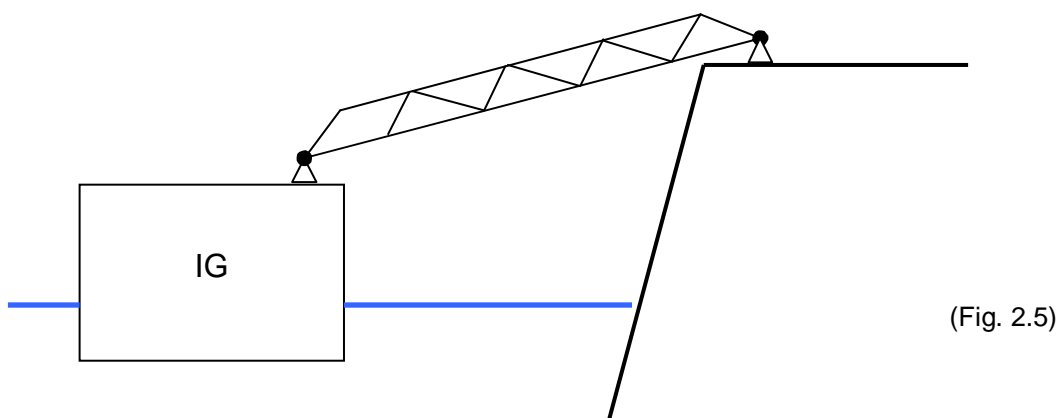
## 2 Configurazione di ormeaggio articolata

Il sistema distanziatore con pattino riportato in Fig. 2.3 può essere schematizzato, nel piano verticale, come segue:



dove l'escursione verticale è consentita dalla presenza del pattino. Il sistema consente quindi la traslazione verticale e funziona come distanziatore per la IG.

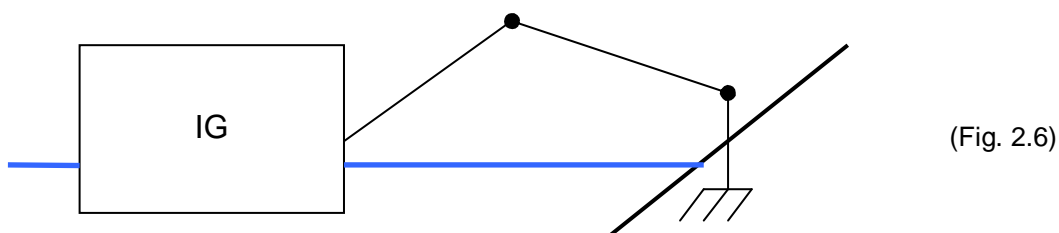
Analoghe prestazioni possono essere ottenute con un sistema del tipo:



dove l'elemento distanziatore è costituito da un sistema incernierato.

Ferma restando la fondamentale necessità di avere il sistema di ormeaggio costituito da elementi rigidi distanziatori, questi ultimi possono essere realizzati, oltre che da un'asta unica rigida, da un sistema articolato costituito da più aste o elementi differentemente vincolati purché si rispettino i requisiti base indicati al paragrafo precedente.

Nello schema di esempio seguente è stato invece introdotto uno snodo centrale:





che avrebbe il vantaggio di consentire un riavvicinamento alla sponda contemporaneamente all'escursione verticale, permettendo quindi l'allontanamento dalle condizioni più critiche di regime idrodinamico fluviale in caso di piena; tuttavia, non agendo le aste articolate come elemento rigido distanziatore, deve essere eventualmente rinforzato in condizioni di emergenza con linee di ormeggio a poppa e a prua, richiedendo quindi la presenza di personale sulla IG, non rispondendo in definitiva al fondamentale requisito di autonomia.

In conclusione, sistemi variamente articolati o diversi da quelli specificatamente raccomandati in questo capitolo possono essere presi in considerazione a patto che si dimostri la capacità del sistema di rispondere adeguatamente ai requisiti funzionali e agli stati di sollecitazione caratteristici degli eventi di piena senza la presenza continua o l'intervento di personale della IG.

### **3 Ancoraggio alla sponda**

Nello schema base di fig. 2.3 è stata riportata una configurazione in cui la sponda del fiume si presenta come un piano orizzontale costituito da una banchina consolidata.

Da un punto di vista orografico, la sponda su cui fondare l'ormeaggio può presentarsi anche come una scarpata, ovvero un terrapieno scosceso.

In quest'ultimo caso l'elemento di fondazione sulla terraferma, a cui attaccare il vincolo (pattino o cerniera) può essere in generale un profilato o un palo in acciaio, oppure un pilastro in cemento: in ogni caso anche la fondazione in pendio deve soddisfare i requisiti di stabilità e capacità portante del terreno come indicato nel par. 5 del Capitolo 8.

### **4 Requisiti di sicurezza per gli elementi di ormeaggio**

Le sistemazioni di ormeaggio delle IG devono essere progettate e realizzate in modo tale da assicurare un accettabile livello di sicurezza rispetto alla loro funzione di mantenimento in posizione della IG qualora la stessa sia soggetta alle azioni o eventi accidentali che possono accadere durante la vita operativa in modo da contribuire alla necessaria salvaguardia della vita umana e dell'ambiente fluviale circostante.

Un adeguato livello di sicurezza può essere generalmente conferito all'ormeaggio e ai suoi punti di ancoraggio qualora si seguano i criteri per il progetto, la fabbricazione e la manutenzione riportati in queste linee guida.

Le azioni sul sistema di ormeaggio derivano principalmente dalla risposta indiretta della IG a vento e corrente.

Il possibile impatto di corpi trascinati, seppur previsto come caso accidentale sulla IG e generante quindi forze addizionali sul sistema di ormeaggio, non è ragionevolmente pensato impattare direttamente il sistema di ormeaggio che è sempre considerato lato argine.

Non sono considerati in questa guida sistemi di ormeaggio o ancoraggi addizionali fondati direttamente in alveo; il sistema di ormeaggio dovrebbe essere ammesso se e solo se sempre adeguatamente fondato lato sponda.

I sistemi qui considerati sono destinati all'ormeaggio di una sola IG; non sono ammessi sistemi che agiscano per il contemporaneo ormeaggio di due o più IG.

In accordo all'Art. 20. Comma 6 di [1.2], per IG disposte in successione (nel senso della corrente), le strutture di ormeaggio dovranno essere autonome e indipendenti per ciascuna IG.

I sistemi di ormeaggio devono rispondere alle previste esigenze di durabilità, realizzati con materiali resistenti alla corrosione e ispezionabili durante la vita di esercizio. Eventuali riparazioni e sostituzioni di componenti il sistema devono essere possibili senza compromettere l'integrità strutturale e la IG nel suo complesso.



## 5 Criteri di progetto per linee di ormeggio flessibili

### 5.1 Cavi o funi di acciaio

Fermo restando il rispetto dei requisiti di sistema discussi al paragrafo 1, si riportano in questo paragrafo alcune raccomandazioni e criteri di base per la scelta di materiali e caratteristiche da adottare nelle linee flessibili eventualmente presenti nel sistema di ormeggio.

Cavi o funi dovranno essere tipicamente di acciaio (preferibilmente acciaio armonico) e fornite dal produttore con appropriata certificazione, prodotta in accordo alla norma UNI EN 10204:2005 (Prodotti metallici – Tipi di documenti di controllo).

Le funi di acciaio impiegate devono avere caratteristiche geometriche e proprietà meccaniche in accordo alla norma UNI ISO 2408 (Funi di acciaio per usi generali – Caratteristiche).

In particolare la fune deve essere fornita con la certificazione attestante il carico di rottura minimo CRM (o MBL *Minimum Breaking Load*), che è il carico da raggiungere durante l'esecuzione della prova di rottura a trazione della fune, secondo la ISO 3108 (Funi di acciaio per usi generali – Determinazione del carico di rottura).

Il CRM è il valore cui si fa normalmente riferimento nella progettazione, dati i carichi agenti sulla fune, applicando un fattore di sicurezza appropriato e correlato alla destinazione di utilizzo della fune (comunque non inferiore a 3).

### 5.2 Equipaggiamento d'ormeaggio in banchina

In questo tipo di equipaggiamento si considerano bitte, attacchi Smit, ganci a sgancio rapido, anelli d'ormeaggio e argani, componenti che sono normalmente forniti prefabbricati o in acciaio forgiato e sono fondati in banchina o sull'argine per costituire punto fisso di ormeaggio.

Detti componenti devono essere forniti con appropriata certificazione attestante il carico di lavoro ammissibile, che deve risultare quindi compatibile con i valori di carico agenti nelle linee che si attaccano al punto di ormeaggio.

Normalmente il carico di lavoro sicuro (o SWL *Safe Working Load*) viene certificato dal fornitore per la componente (es. bitta) fornita come prodotto. Resta compito del progettista determinare e verificare il sistema di fissaggio alla banchina o all'argine, attraverso una fondazione che assicuri una capacità limite superiore al valore di SWL.

Il punto fisso di ormeaggio nel suo complesso è soggetto normalmente a una prova di collaudo in cui, attraverso un tiro al punto fisso, applicato da apposito rimorchiatore (prova di *bollard pull*), si verifica l'adeguatezza del punto di ancoraggio a resistere al SWL senza deformazioni permanenti nelle parti strutturali di acciaio o scorrimento o perdita di capacità portante del sistema di fondazione.

## 6 Raccomandazioni sul progetto della IG influenti il sistema di ormeaggio

Oltre a quanto riportato in Titolo III, Art. da 18 a 21 di [1.2] (Norme per lo stazionamento delle IG), si riportano di seguito alcune raccomandazioni che il progettista della IG dovrebbe tenere in considerazione in quanto influenti la prestazione del sistema di ormeaggio.

La specifica progettazione della IG, la sua robustezza strutturale e stabilità per i carichi di servizio e ambientali, non è oggetto specifico di questo documento se non per gli effetti che la sua risposta ai moti caratteristici del regime fluviale comporta sugli elementi di ormeaggio.

In generale le IG dovrebbero essere progettate di forma e con caratteristiche di inerzia tali da minimizzare la loro risposta alle forze ambientali, che sono per loro natura aleatorie e dinamiche, in modo che sia ridotta anche la variazione di sollecitazione nel sistema di ormeaggio.



Le componenti strutturali della IG che sono soggette all'azione diretta delle forze del sistema di ormeaggio devono essere progettate in maniera tale da resistere a una forza pari alla capacità ultima dell'elemento costituente la linea di ormeaggio.

Quest'ultimo requisito è fondamentale per evitare che si stacchi dalla riva in condizioni estreme una IG danneggiata nel suo scafo.

Elementi secondari quali parabordi, parapetti, passerelle, ecc. devono essere previsti e progettati in maniera tale che l'eventuale collasso del sistema d'ormeaggio dovuto a un sovraccarico accidentale non comprometta la sicurezza delle strutture principali della IG e delle persone a bordo o in prossimità della IG.

Le connessioni strutturali del sistema d'ormeaggio alla fiancata della IG devono essere progettate in maniera tale da evitare, quanto più possibile, strutture complesse o con variazioni di sezione non avviate tali da creare pericolose concentrazioni di tensione.

Nel progetto di questi collegamenti è opportuno evitare la trasmissione diretta di sforzi primari di trazione attraverso lo spessore delle lamiere, tali da generare strappi lamellari all'interno degli elementi strutturali della fiancata.

Quando questo non è possibile, è necessario l'utilizzo di lamiere prodotte e certificate con opportune caratteristiche di duttilità al traverso corto (lamiere dette TTP, ovvero con specifiche '*through thickness properties*' di resistenza e duttilità garantita).







## CAPITOLO 3 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBIENTE FLUVIALE

### 1 Caratterizzazione degli eventi ambientali

Fermo restando il rispetto di quanto riportato negli art. da 18 a 21 di [1.2], l'ambiente fluviale della zona di ormeggio della IG deve essere caratterizzato dai parametri significativi per la valutazione degli effetti dell'ambiente sulla struttura.

I parametri che definiscono le azioni ambientali di progetto devono essere definiti attraverso studi fondati, ove possibile, su informazioni statistiche storicamente registrate e indagini specifiche per l'area geografica di interesse.

Detti studi devono coprire un periodo di tempo sufficientemente lungo e caratterizzare appropriatamente le variazioni attese dei parametri ambientali d'interesse, in particolare vento, corrente ed escursione del livello del fiume.

I dati necessari dovrebbero essere forniti da istituti meteorologici riconosciuti o disponibili attraverso registrazioni collezionate dall'autorità di giurisdizione, comunque caratterizzati da adeguata documentazione per definire i parametri necessari preliminari al dimensionamento del sistema di ormeggio.

Per il sito di specifico interesse dovrebbero includere:

- Eventi estremi, caratterizzati da relativo periodo di ritorno (es. 1, 10, 100 o 200 anni), di velocità del vento, della corrente fluviale e del livello di profondità d'acqua;
- Dati direzionali sul vento e separazione angolare tra gli eventi estremi di vento;
- Eventuale variazione direzionale della corrente fluviale e turbolenze causate da presenza di infrastrutture o particolari forme d'alveo;
- Variazione della velocità di corrente lungo la profondità d'acqua;
- Temperatura dell'acqua e dell'aria;
- Potenziali fenomeni di gelo;
- Salinità (per le zone in prossimità della foce);
- Proprietà geotecniche della banchina o della sponda fluviale di ancoraggio;
- Sismicità del sito;
- Traffico di natanti fluviali e presenza di ostacoli (come "corpi morti": tronchi, relitti, ecc.) trascinati entro l'area di ormeggio della IG.

Queste informazioni dovrebbero essere oggetto di specifica indagine, se non già disponibili, e costituire premessa di progetto e installazione sia dell'IG sia del sistema d'ormeaggio.

La possibile salinità dell'acqua fluviale, dovuta alla risalita e interazione con zone marine in prossimità della foce, e la presenza di umidità salina devono essere considerate nella scelta del sistema di protezione dalla corrosione dei materiali dei componenti il sistema d'ormeaggio.

### 2 Caratterizzazione del regime idrologico

#### 2.1 Rischio idraulico

Uno specifico studio di regime idraulico, relativo agli aspetti di:

- Eventi storici e probabili;
- Naturale dinamica fluviale,

è stato fatto per l'individuazione delle zone fluviali accessibili per lo stazionamento delle IG ed è a monte dei criteri forniti in art. 18 di [1.2] per i tratti di fiume ritenuti idonei per l'ormeaggio.



I principi informatori di tale studio sono l'individuazione del pericolo idraulico sulle infrastrutture e la prevenzione del rischio idraulico.

Le norme [1.3] riportano il piano stralcio di assetto idrogeologico per l'intero bacino idrografico del fiume Tevere.

Si rimanda a dette Norme per una definizione del quadro organico di rischio idraulico con riferimento al regime di piena.

## 2.2 Definizione del regime di piena

Preliminarmente al progetto di ogni nuova infrastruttura che interessa la rete fluviale dovrebbe essere disponibile un'idrogramma di progetto della piena di riferimento, con caratterizzate le informazioni relative a:

- portata al colmo;
- livello minimo e massimo di profondità d'acqua;
- escursione verticale lungo il corridoio idraulico connesso all'alveo principale della piena con alta probabilità di inondazione.

Con riferimento all'art. 33 comma 7 di [1.3], le nuove infrastrutture a rete devono essere progettate almeno con riferimento alla piena con periodo di ritorno pari a 200 anni.

## 3 Vento

### 3.1 Condizioni di vento

Le condizioni di vento sono normalmente distinte in:

- normali;
- estreme.

Le condizioni normali sono caratteristiche di condizioni ricorrenti (tipicamente usate per carichi di fatica) mentre le condizioni di vento estreme determinano eventi di progetto estremi di sollecitazione sulla IG, che caratterizzano a loro volta le verifiche sul sistema di ormeggio.

### 3.2 Dati sul vento

I parametri che descrivono le condizioni di vento devono essere ottenuti, dove possibile, sulla base di dati statistici sulla velocità del vento, con caratterizzazione specifica di intensità e direzione.

Valori estremi di raffica e valori medi (su 10 minuti di durata) della velocità del vento sono i parametri di progetto necessari, espressi in termini di valore massimo più probabile e relativo periodo di ritorno.

Normalmente viene fornito come riferimento, nei dati disponibili per una data area, la velocità del vento ad un'altezza di 10 m sopra il livello medio del mare.

Per le strutture di ormeggio oggetto della presente guida si applicano le prescrizioni relative alla definizione della velocità del vento di riferimento per la zona 3 del par. 3.3.2 di [2.2].

La variazione della velocità media del vento con l'altezza sopra il livello medio del fiume (profilo di velocità del vento) può essere espressa con la formula:

$$W_{10}(z) = W_{10}(H) \left( \frac{z}{H} \right)^{\frac{1}{8}}$$



dove:

- $W_{10}(z)$  velocità del vento mediata su 10 minuti a una quota  $z$  sopra il livello medio del fiume, in m/s;  
 $W_{10}(H)$  velocità del vento mediata su 10 minuti a una quota  $H$  sopra il livello medio del fiume, in m/s;  
 $z$  altezza dalla quota di livello medio del fiume dove la velocità del vento  $U_{10}(z)$  deve essere calcolata (es. baricentro dell'area esposta della IG in data direzione), in m;  
 $H$  distanza dal livello medio del fiume dove la velocità del vento di riferimento  $U_{10}(H)$  è disponibile, in m;

### 3.3 Modellazione del vento

La caratterizzazione dell'azione del vento, così come una definizione appropriata dei parametri di progetto in accordo alla normativa italiana vigente, deve essere fatta in accordo al par. 3.3 di [2.2].

## 4 Corrente

### 4.1 Parametri per la corrente

Oltre al vento, l'azione ambientale che ha il maggiore effetto nella progettazione del sistema d'ormeggio è la corrente, da considerarsi agente principalmente nella direzione di deflusso delle acque fluviali.

Le principali componenti della corrente sono, in generale, le seguenti:

- componente legata al livello del fiume Tevere;
- componente legata al vento.

Allo scopo di calcolare la velocità di corrente di progetto, tutte le componenti principali della corrente devono essere prese in considerazione in termini di somma vettoriale.

### 4.2 Dati di corrente

I dati relativi all'intensità della velocità di corrente per la zona in cui verrà ormeggiato l'IG devono essere dedotti da affidabili studi statistici e considerare in generale:

- in regime di piena i valori estremi legati al periodo di ritorno 200 anni (*velocità di massima piena*); con riferimento al comma 5 dell'Art. 22 del documento [1.2], deve essere assunto un valore di velocità di massima piena non inferiore a 3,5 m/s;
- in condizioni di regime ordinario, i valori caratterizzati da periodo di ritorno 1 anno;

Eventuali effetti locali, dovuti a variazioni di sezione dell'alveo, che modifichino il regime di portata con incremento di velocità nel flusso delle acque fluviali, devono essere considerati se significativi per specifiche locazioni della IG.

Tipicamente il valore di velocità di corrente di progetto è definito come valore in superficie, statisticamente misurato sul pelo libero dell'acqua, e decresce dalla superficie del fiume al fondo, secondo una formula del tipo:

$$v(z) = v(d) \cdot \left(\frac{z}{d}\right)^{1/7}$$

dove:

- $v(z)$  velocità della corrente a una distanza  $z$  dal fondo del fiume;  
 $v(d)$  velocità della corrente alla superficie di pelo libero del fiume;  
 $z$  distanza dal fondo del fiume del punto dove si calcola la velocità di corrente;  
 $d$  profondità dell'alveo.

Ai fini della determinazione della forza di trascinamento (sulla parte immersa di IG) che sollecita il sistema di ormeggio (cfr. par. 3.2 Capitolo 4), si raccomanda di usare il valore di velocità di corrente in superficie.



### 4.3 Effetti del vento sulla corrente fluviale

Alla velocità di corrente legata alle variazioni di regime di portata del fiume occorre sommare il contributo dovuto all'azione del vento.

Se non espressamente disponibile attraverso registrazioni statistiche, la velocità di corrente legata al vento sulla superficie del fiume può essere stimata nel modo seguente:

$$v_c = 0.01 \cdot W_{10}$$

dove  $W_{10}$  è la velocità del vento, in m/s e mediata su 10 minuti di durata, misurata ad un'altezza di 10 m sopra il livello medio del fiume.

### 4.4 Effetti della corrente fluviale sulle sponde

Nei siti dove le sponde del fiume sono potenzialmente soggette a erosione, occorre valutare i possibili effetti della corrente del fiume sull'argine per quanto riguarda in particolare la scelta della distanza della fondazione del sistema di ormeaggio dall'argine, al fine di evitare fenomeni di scalzamento (cfr. par. 4 Capitolo 8).

## 5 Onde transitorie

Oltre ai fenomeni di idrodinamica fluviale legati al regime di piena, caratterizzati da variazioni nella velocità di corrente, occorre considerare per le verifiche di resistenza e funzionalità del sistema di ormeaggio eventuali variazioni del pelo libero dovute a un regime transitorio ondoso inerente:

- Onde dovute al passaggio di natanti;
- Onde di marea (per IG in prossimità della foce del fiume),

con un'adeguata caratterizzazione, in termini di altezza e periodo d'onda, corrispondente ai fenomeni che possono occorrere con periodo di ritorno 1 anno.

## 6 Temperatura

I valori estremi più probabili che si possono verificare in termini di valore massimo e minimo di temperatura, sia per l'aria sia per l'acqua del fiume, dovrebbero essere disponibili attraverso registrazioni statistiche che coprano un adeguato numero di anni di rilievi.

La temperatura di progetto deve essere stabilita per i vari componenti metallici del sistema di ormeaggio, intesa come il minimo valore giornaliero medio che si può verificare nell'aria o nell'acqua, a seconda della posizione del componente il sistema.

Il minimo valore giornaliero medio di temperature è definito come il minore dei valori di temperature media giornaliera registrato continuativamente lungo un numero sufficiente di anni (almeno 10), ad un'altezza di 10 m sopra il livello del fiume per la temperatura dell'aria, e ad 1m di profondità per l'acqua del fiume.

In base alla temperatura di progetto, devono essere quindi adottati materiali con appropriate caratteristiche di resilienza e resistenza agli urti.

L'effetto di escursioni termiche deve essere eventualmente tenuto in considerazione nel progetto di parti iperstatiche delle componenti di ormeaggio.

Infine, per quanto riguarda la scelta dei materiali per eventuali componenti del sistema di ormeaggio soggetti a comportamenti fragili (es. calcestruzzo in fondazione), deve essere tenuto in considerazione il possibile effetto di fenomeni di gelo, se previsti.



## 7 Accrescimento biologico

Possibili fenomeni di incremento di volume e di ruvidezza delle superfici metalliche esposte a spruzzi o all'influsso delle acque marine (nelle zone di installazione prossime alla foce) causati da fenomeni di accrescimento biologico marino o, più in generale, vegetale fluviale devono essere accuratamente valutati sulla base di fattori biologici e ambientali, relativi alle proprietà chimiche e fisiche dell'acqua nel sito di locazione della IG, come:

- salinità;
- contenuto di ossigeno;
- valore pH;
- corrente;
- temperatura.

L'accrescimento comporta generalmente un incremento delle forze idrodinamiche di trascinamento, sia per l'aumento delle superfici esposte sia per l'aumento della resistenza di attrito dovuto alla ruvidezza e può essere prevenuto con un'adeguata manutenzione che preveda una regolare e periodica pulizia delle superfici esposte dello scafo della IG o del sistema di ormeggio (se direttamente investito dal fenomeno).

## 8 Sisma

Gli effetti di un terremoto di progetto devono essere considerati sulle parti del sistema d'ormezzo maggiormente sensibili a un potenziale evento sismico.

L'evento sismico dev'essere particolarmente considerato in relazione alla verifica di capacità portante degli elementi di fondazione del sistema di ormeggio, con attenzione specifica ai comportamenti di interazione suolo-struttura, alle verifiche di stabilità sui pendii e a possibili fenomeni di liquefazione del terreno sottostante la fondazione, qualora posizionata in prossimità della falda.

Per la specifica determinazione della sismicità del sito, e la conseguente definizione del terremoto di progetto in termini di probabilità d'occorrenza e magnitudo, così come per la più generale caratterizzazione dell'azione sismica da applicare nella verifica degli elementi strutturali del sistema di ormeggio, occorre rispettare quanto prescritto nel Capitolo 3 di [2.2].

Ai fini di una verifica strutturale, il sisma in una data locazione è definito attraverso i parametri:

- accelerazione di picco del terreno;
- corrispondente periodo di ritorno;
- spettro di risposta.

I corrispondenti valori da applicare in accordo alla normative Italiana sono riportati nell'Allegato B di [2.2].





## CAPITOLO 4 ANALISI DEI CARICHI

### 1 Generalità

Ai fini delle verifiche di resistenza e funzionali da compiere sugli elementi del sistema di ormeggio di una data IG agiscono principalmente le forze che derivano indirettamente dall'applicazione delle azioni ambientali sulla IG mentre sono in generale trascurabili gli effetti delle stesse azioni applicate direttamente sulla superficie degli elementi di ormeggio.

Occorre quindi valutare le forze sulla IG conseguenti all'applicazione delle azioni ambientali discusse nel Capitolo 3: in un approccio di tipo statico, che si ritiene sufficientemente realistico per l'analisi raccomandata nel Capitolo 6, l'effetto del sistema di ormeggio (che costituisce specifico vincolo alla risposta della IG) può considerarsi trascurabile mentre in un'analisi di tipo dinamico, la risposta della IG alle azioni ambientali applicate sarebbe influenzata dalla presenza del sistema d'ormeaggio.

### 2 Tipi di carico

In generale i carichi agenti su una struttura galleggiante possono essere classificati come:

- Carichi gravitazionali;
- Carichi funzionali;
- Carichi ambientali;
- Carichi accidentali.

#### 2.1 Carichi gravitazionali

Questi carichi per la IG includono:

- Il peso delle strutture;
- Il peso di macchinari ed equipaggiamenti installati in maniera permanente;
- Il peso della zavorra, se presente;
- La spinta idrostatica esterna sullo scafo e la spinta applicata su strutture stagne immerse.

#### 2.2 Carichi funzionali

I carichi funzionali includono tutti i carichi che derivano dall'esercizio della struttura e sono in generale variabili.

Valori caratteristici dei carichi funzionali possono essere assunti sulla base di specifiche funzionali (ad es. per impianti movimentabili) o su indicazioni di legge, per quanto riguarda i carichi di esercizio su ponte, strutture di coperta, cabine abitabili, locali affollati, passerelle, ecc.

I valori massimi ammissibili dei carichi funzionali dovrebbero essere noti al gestore della IG.

L'azione dei carichi gravitazionali e funzionali, nella loro relazione di equilibrio con la spinta idrostatica, determinano direttamente il dislocamento e quindi il valore dell'immersione della IG, fondamentale ai fini della valutazione delle forze ambientali, ma non contribuiscono direttamente alla determinazione di stati di tensione negli elementi di ormeaggio.

#### 2.3 Carichi ambientali

Tutte le forze indotte sulla struttura dai fattori ambientali discussi nel Capitolo 3 possono essere definiti carichi ambientali.

Normalmente i carichi ambientali vengono distinti in due condizioni di riferimento:

- Carichi ambientali operativi, relativi a condizioni ambientali che si verificano durante le normali condizioni di servizio della struttura. Il periodo di riferimento tipico per carichi ambientali operative è 1 anno;
- Carichi ambientali estremi, definiti da periodo di ritorno pari a un elevato numero di anni, normalmente calibrato su un predefinito target di sicurezza per l'intero sistema strutturale. Ai fini della presente guida si considera il regime di piena caratterizzato da periodo di ritorno 200 anni e il vento caratterizzato da periodo di ritorno 50 anni, quest'ultimo valore in accordo a [2.2].

La probabilità di verificarsi contemporaneamente per i vari carichi ambientali costituisce un aspetto fondamentale nell'assegnare criteri di progetto per una data struttura e viene espressa normalmente assegnando combinazioni di carico che prevedono differenti periodi di ritorno o differenti coefficienti parziali di carico per le varie azioni ambientali da combinare (cfr. par. 4 Capitolo 6).

In generale, i carichi sismici non vengono considerati come agenti simultaneamente ad altri carichi ambientali estremi.

## 2.4 Carichi accidentali

I carichi la cui intensità o periodo di ritorno sono difficili da definire appartengono al gruppo dei carichi accidentali.

I carichi di tale genere che possono interessare la IG sono:

- Carichi da collisione di altri natanti;
- Carichi da urto o trascinarsi di detriti od oggetti nel corridoio idraulico connesso all'alveo principale durante le inondazioni od eventi eccezionali di piena.

In conformità a quanto indicato dal punto 6 del par. 3.1 del Capitolo 1, le IG devono essere dotate di apposito deflettore a protezione dell'attracco; il secondo tipo di carico dovrebbe essere considerato nella progettazione del sistema di ormeaggio solo come carico eccezionale, verificando che l'installazione non collassi nel suo complesso, ovvero non sia libera di andare alla deriva, pur accettando eventuali danni locali, sotto l'azione del carico che deriva da un corpo di massa  $M$ , trascinato ad una velocità  $v$  che impatta sulla IG (di dato dislocamento  $\Delta$ ).

## 2.5 Forze dal passaggio di natanti

Un sistema di ormeaggio progettato secondo i criteri di questa guida non richiede una verifica specifica per sollecitazioni indotte da un'onda generata sulla superficie tranquilla del fiume dal passaggio di un natante nel caso in cui l'altezza d'onda si mantenga al di sotto di un valore pari a 0.5 m.

Nel caso in cui, in relazione ad un'adeguata statistica o valutazioni previsionali sul traffico fluviale sia ritenuto realistico il verificarsi di onde superiori al limite indicato, occorre tenerne specificatamente conto nelle verifiche, determinando anche la forza generata da tale onda sugli elementi del sistema di ormeaggio e verificando il mantenimento di uno stato di tensione accettabile in combinazione con i carichi operativi di vento e corrente.

Per la determinazione analitica della forza dovuta ad un'onda incidente di altezza  $H_{inc}$ , in assenza di valutazioni più accurate, si possono utilizzare le formulazioni riportate nel par. 2.4.4 di [2.6]; in particolare una valutazione semplificata per la forza massima in direzione orizzontale, per unità di lunghezza, indotta da un'onda  $H_{inc}$  sullo scafo della IG (che può considerarsi ormeggiata in acque basse e, a causa della vicinanza alla sponda, estesa sino a fondo fiume per quanto riguarda gli effetti di schermo), è data dalla:





$$F_{\max} = \rho g H_{\text{inc}} d \quad (\text{N/m})$$

dove:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{densità dell'acqua del fiume} && (\text{kg/m}^3) \\ g &= \text{accelerazione di gravità} && (\text{m/s}^2) \\ d &= \text{fondale del fiume in acqua tranquilla} && (\text{m}) \end{aligned}$$

## 2.6 Forze da piccoli natanti all'ormeaggio

L'ormeaggio di natanti a fianco o in tandem alla IG non dovrebbe essere ammesso se non di piccole dimensioni o tali da indurre forze sul sistema di ormeaggio al di sotto dei valori utilizzati per il progetto e la verifica in accordo a questa guida.

## 3 Determinazione dei carichi ambientali

### 3.1 Valutazione delle forze dovute al vento

Gli effetti del vento sulle parti emerse dell'IG inducono pressioni e forze che devono essere valutate considerando sia la velocità sostenuta sia quella di raffica del vento di progetto.

Teorie, coefficienti e formulazioni usate per la valutazione della pressione e delle forze indotte dal vento devono essere in accordo al par. 3.3 di [2.2].

In particolare, dati e raccomandazioni di dettaglio per modellare l'azione del vento su strutture esposte di una determinata forma sono riportati in [2.4], cui può essere fatto specifico riferimento per determinare le azioni del vento sulla IG e, conseguentemente, sul sistema d'ormeaggio.

In generale, prendendo come riferimento il sistema di coordinate rappresentato in fig. 4.1, le forze risultanti dovute all'azione del vento e agenti sull'IG possono essere calcolate utilizzando le formule seguenti:

$$F_{xw} = \frac{1}{2} C_x \rho_w W_x^2 A_T \quad (\text{N})$$

$$F_{yw} = \frac{1}{2} C_y \rho_w W_y^2 A_L \quad (\text{N})$$

dove:

$$F_{xw} = \text{forza del vento in direzione x} \quad (\text{N})$$

$$F_{yw} = \text{forza del vento in direzione y} \quad (\text{N})$$

$C_x$  = fattore di forma trasversale (vedi [2.4])

$C_y$  = fattore di forma longitudinale (vedi [2.4])

$\rho_w$  = densità dell'aria;  $(\text{kg/m}^3)$

$W_{x,y}$  = velocità del vento (v. par. 3 Cap. 3) in dir. x o y  $(\text{m/s})$

$A_T$  = area esposta al vento in direzione x  $(\text{m}^2)$

$A_L$  = area esposta al vento in direzione y  $(\text{m}^2)$

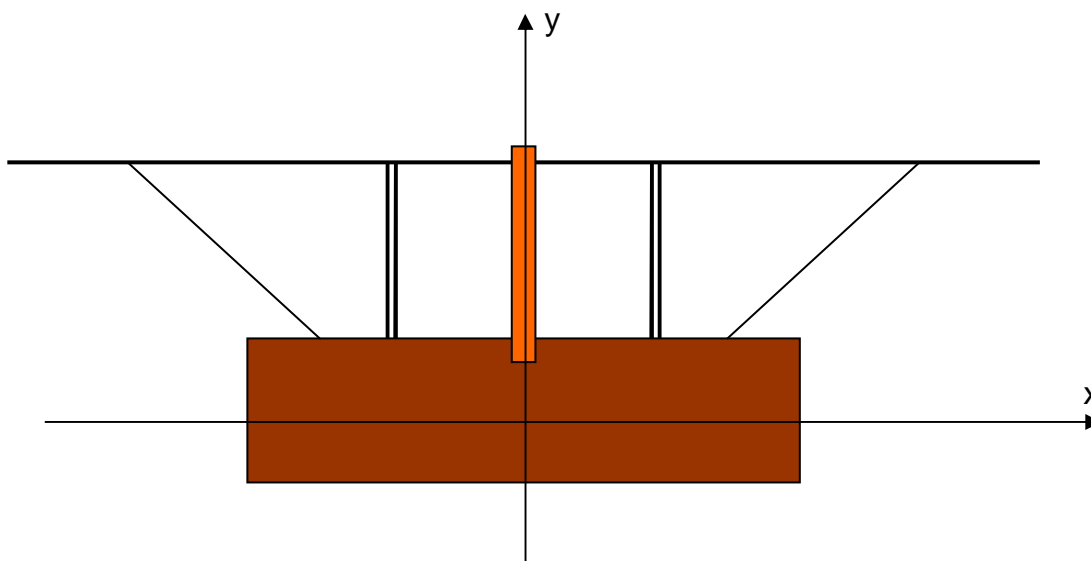


Fig. 4.1 - Sistema di coordinate di riferimento

### 3.2 Valutazione delle forze dovute alla corrente

La natura delle forze idrodinamiche agenti su corpi galleggianti è complessa e non ancora del tutto compresa.

In teoria, le forze dipendono da fattori come la velocità del flusso, l'area normale al flusso, l'area bagnata, la rugosità, la forma, la distanza dal fondo o dall'influenza di altri corpi circostanti.

In pratica per la valutazione delle forze si adottano delle semplificazioni.

In particolare per corpi in cui la larghezza normale al flusso non è molto più piccola della lunghezza parallela allo stesso flusso, come si può ragionevolmente assumere per la maggioranza delle IG, il fattore dominante è quello legato alla larghezza del corpo.

Per forze agenti su elementi strutturali come cilindri o pali si utilizza la seguente relazione:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho v^2 A_n$$

dove:

$F_D$  = forza stazionaria di trascinamento (in N)

$C_D$  = coefficiente di drag

$\rho$  = densità dell'acqua (in  $\text{kg/m}^3$ )

$v$  = velocità della corrente incidente (in m/s)

$A_n$  = area normale al flusso (in  $\text{m}^2$ )

Nel caso di IG di forma rettangolare, nella valutazione dei coefficienti di drag si può fare riferimento alla fig. 4.2.

Per il calcolo delle forze di corrente nella direzione x (vedi fig.4.1) si utilizza quindi la seguente formula:

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho v^2 A_x$$

dove:

$F_x$  = forza di corrente lungo la direzione x (in N)

$C_x$  = coefficiente di drag in direzione x

$\rho$  = densità dell'acqua (in  $\text{kg/m}^3$ )

$A_x$  = area esposta alla corrente normale all'asse longitudinale x (in  $\text{m}^2$ )

$V$  = velocità sul pelo libero dell'acqua della corrente incidente (in m/s)

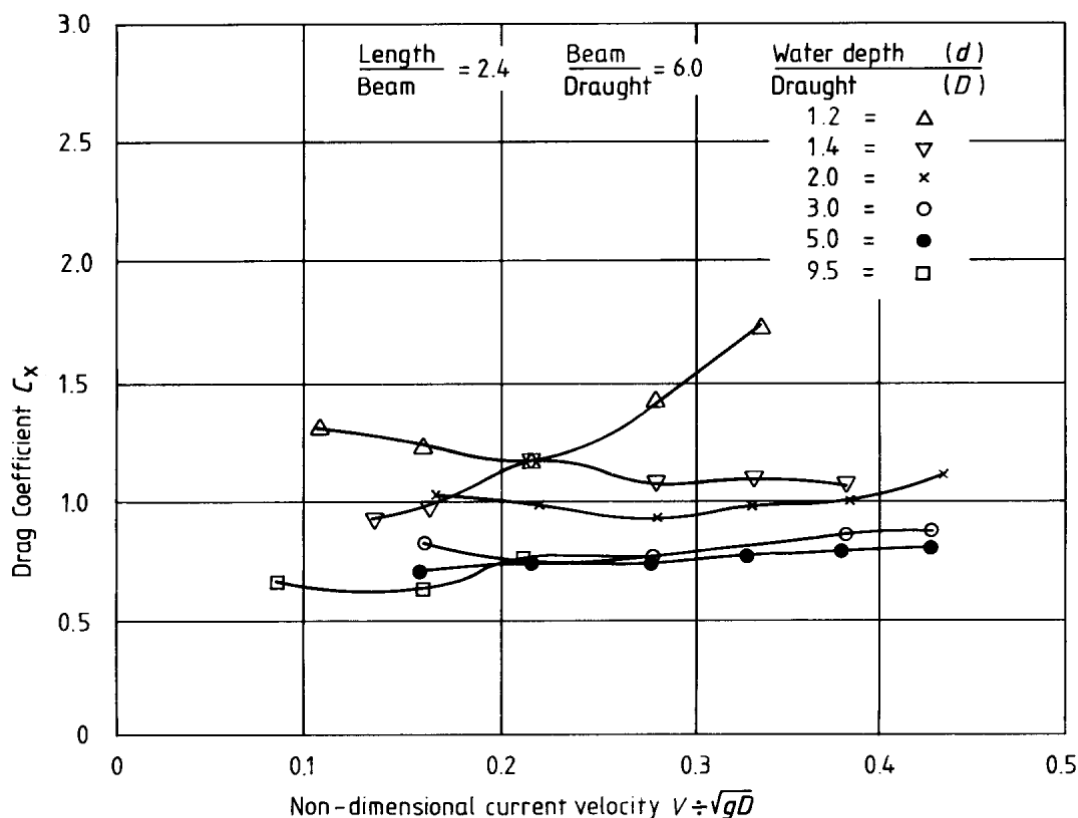


Fig. 4.2 (da [2.6]) - Coefficiente di drag longitudinale al variare della profondità d'acqua per IG di forma rettangolare con corrente proveniente frontalmente

Per la valutazione delle forze di corrente agenti su IG di forma diversa da quella rettangolare, ovvero per forme di carena tipiche di navi di grosso tonnellaggio, si rimanda alle pubblicazioni specialistiche [2.5] e [2.6]

### 3.3 Forze dovute al sisma

In accordo alla normativa Italiana vigente, per gli elementi del sistema di ormeaggio per cui è rilevante una verifica sismica (in particolare gli elementi di fondazione) la valutazione dell'azione sismica deve essere fatta in accordo al par. 3.2 di [2.2].



## CAPITOLO 5 MATERIALI E SALDATURA

### 1 Elementi strutturali di acciaio

#### 1.1 Rispondenza ai requisiti normativi vigenti

I materiali e i prodotti utilizzati per la realizzazione degli elementi strutturali del sistema di ormeggio devono rispondere ai requisiti indicati nel Par. 11.3.4 di [2.2].

#### 1.2 Acciaio laminato

Gli acciai di uso strutturale nel sistema di ormeggio laminati a caldo in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastri laminati a caldo) devono appartenere ai gradi da S235 ad S460 compresi e le loro caratteristiche devono essere conformi ai requisiti di cui al par. 11.3.4 di [2.2].

I valori caratteristici di tensione di snervamento  $f_{yk}$  e della tensione di rottura  $f_{tk}$  da adottare nelle verifiche sono riportati nelle due seguenti tabelle 5.1 e 5.2, tratte da [2.2], per laminati con profili a sezione aperta e chiusa rispettivamente.

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 5.1 - Laminati a caldo con profili a sezione aperta



Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
UNI EN 10210-1				
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

Tab. 5.2 - Laminati a caldo con profili a sezione cava

### 1.3 Saldature

Si applicano le prescrizioni per l'esecuzione indicati al par. 4 del capitolo 9.

### 1.4 Bulloni e chiodi

I bulloni e i chiodi per collegamenti di forza devono essere conformi ai requisiti di cui al par. 11.3.4 di [2.2]. I valori caratteristici della tensione di snervamento  $f_{yb}$  e della tensione di rottura  $f_{tb}$  dei bulloni, da adottare nelle verifiche, sono specificati nel par. 11.3.4.6 di [2.2].

## 2 Calcestruzzo

Eventuali componenti del sistema di ormeaggio (ad es. parti del sistema della fondazione, plinti di ancoraggio o rinforzo della banchina) realizzati in calcestruzzo o calcestruzzo armato devono essere realizzati con materiali rispondenti ai requisiti del Par. 11.2 di [2.2] per quanto riguarda il calcestruzzo e ai requisiti del Par. 11.3.2 per quanto riguarda le barre d'armatura, ricordando che non è ammesso l'uso di conglomerati di classe inferiore a C20/25 nella progettazione antisismica e, per lo stesso tipo di progettazione, le barre devono essere di acciaio B450C (con caratteristiche descritte nel Par. 11.3.2.1 di [2.2]).

## 3 Tiranti di ancoraggio

Barre e tiranti utilizzati nel sistema di fondazione dell'elemento ancorante del sistema di ormeaggio devono essere conformi alle prescrizioni contenute nel par. 6.6 delle norme [2.2].

## CAPITOLO 6 ANALISI DEL SISTEMA DI ORMEGGIO

### 1 Metodi di analisi

La verifica di sicurezza degli elementi del sistema di ormeggio si compie controllando che le tensioni di lavoro e i movimenti globali calcolati come richiesto da queste linee guida non eccedano i limiti ammissibili.

La determinazione di sollecitazioni agenti, spostamenti, tensioni e deformazioni, così come la definizione dei corrispondenti limiti ammissibili, deve essere fondata su criteri riconosciuti di analisi statica e resistenza dei materiali.

Analisi dinamiche non sono ritenute generalmente necessarie per il sistema in oggetto a meno di particolari comportamenti locali (es. distacco dei vortici) che possono sorgere su elementi particolarmente snelli della linea di ormeggio a causa di uno specifico regime di venti.

Il fenomeno va eventualmente investigato qualora si utilizzino elementi cilindrici snelli, in accordo alle raccomandazioni del par. 3.3.9.2 di [2.2].

La determinazione di tensioni e deformazioni deve essere fatta utilizzando la teoria dell'elasticità.

Gli elementi strutturali distanziatori e ancoranti costituenti il sistema di ormeggio indicati in questa guida sono previsti in acciaio.

Eventuali effetti di non linearità o comportamenti di tipo diverso nel materiale costituente il sistema di ormeggio devono essere valutati qualora si adottino materiali differenti dall'acciaio.

Metodi basati sulla teoria della plasticità possono essere accettati solo in condizioni particolari e comunque qualora il sistema progettato assicuri un adeguato grado di ridondanza e un livello complessivo di sicurezza tale da consentire la presenza di elementi localmente danneggiati che possano essere riparati senza comportare il collasso della linea di ormeggio.

### 2 Determinazione delle sollecitazioni

La risposta della IG ormeggiata alle azioni previste dev'essere adeguatamente valutata con metodi riconosciuti e validati al fine di determinare le sollecitazioni e verificare il sistema di ormeggio.

Le azioni principali agenti sulla IG sono le forze di vento e corrente che, determinate in accordo ai criteri riportati nel Capitolo 5, possono essere considerate applicate nel baricentro delle relative aree di applicazione sulla IG nelle possibili direzioni come schematizzato ad es. in figura 6.1.

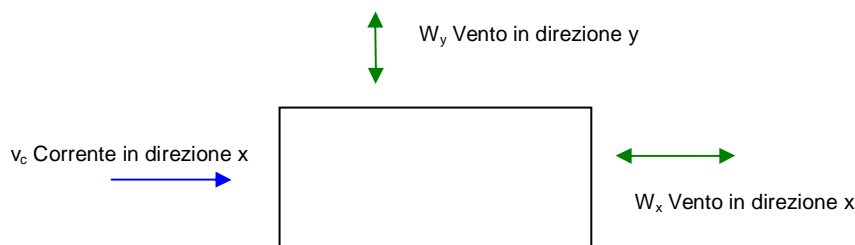


Figura 6.1

Le sollecitazioni negli elementi strutturali di ormeaggio (caratterizzati in generale da una rigidità assiale  $EA_i$  e da una rigidità flessionale  $EJ_i$ ) possono essere determinate risolvendo uno schema a telaio del tipo riportato ad esempio in figura 6.2:

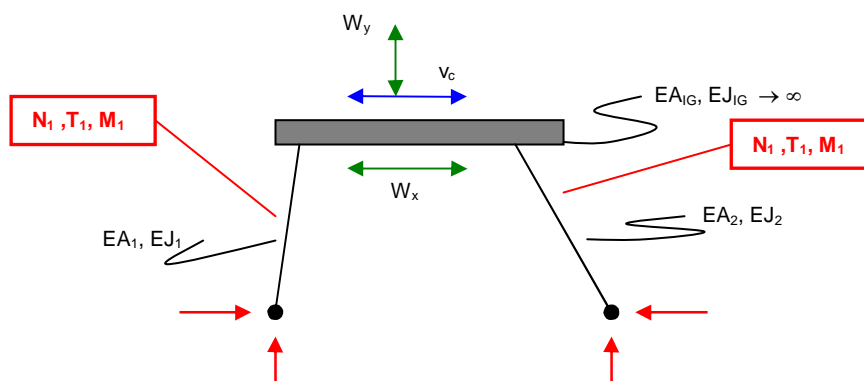


Figura 6.2

dove la IG può essere schematizzata con rigidità flessionale infinita rispetto agli elementi del sistema d'ormeaggio dove si ricercano le sollecitazioni.

### 3 Verifiche di sicurezza

Le verifiche degli elementi strutturali del sistema di ormeaggio devono essere condotte in accordo ai requisiti della norma [2.2].

Il formato tipico della verifica è quindi secondo equazioni del tipo:

$$\gamma_f S_k \leq R_k / \gamma_m$$

dove  $\gamma_f S_k$  e  $R_k$  sono i valori di sollecitazioni agente e resistenza caratteristici degli elementi strutturali da verificare e  $\gamma_f$  e  $\gamma_m$  sono i fattori parziali di carico e di resistenza, ovvero i coefficienti di sicurezza da applicare.

In linea con [2.2] i carichi agenti sulla IG sono classificabili come carichi variabili; per le verifiche si deve quindi applicare il fattore parziale di sicurezza:

$$\gamma_f = 1.5$$

in accordo alla Tabella 2.6.1 di [2.2],

mentre per quanto riguarda il fattore del materiale acciaio si applica:

$$\gamma_m = 1.05$$

in accordo alla Tabella 4.2.V di [2.2],





#### 4 Combinazioni di carico

Con riferimento al sistema di coordinate introdotto in fig. 4.1 del Capitolo 4, per le verifiche di resistenza sugli elementi del sistema di ormeaggio si applicano quindi le seguenti combinazioni di carico, determinando la più sfavorevole ai fini della valutazione delle tensioni nel singolo elemento strutturale:

a)  $+1.5 W_{X, 50} + 1.5 V_{C, 1}$

b)  $-1.5 W_{X, 50} + 1.5 V_{C, 1}$

c)  $+1.5 W_{Y, 50} + 1.5 V_{C, 1}$

d)  $-1.5 W_{Y, 50} + 1.5 V_{C, 1}$

e)  $+1.5 V_{C=3,5 \text{ m/s}}$

dove:

$W_{X, 50}$  = forza sulla IG dovuta al vento in direzione X con periodo di ritorno 50 anni;

$W_{Y, 50}$  = forza sulla IG dovuta al vento in direzione Y con periodo di ritorno 50 anni;

$V_{C, 1}$  = forza sulla IG dovuta alla corrente (in direzione X) con periodo di ritorno 1 anno;

$V_{C=3,5 \text{ m/s}}$  = forza sulla IG dovuta a una corrente di velocità pari a  $V = 3,5 \text{ m/s}$  (in direzione X).

La condizione di carico e) è stata introdotta per avere conformità al requisito 5 riportato nel par. 3.1 del capitolo 1.

Per le verifiche funzionali (cfr. par. 1.3 e 2.3 Capitolo 7) occorre verificare l'escursione causata da un innalzamento del livello del fiume caratteristico di un regime di piena con periodo di ritorno 200 anni.

Per IG collocate in prossimità del mare (fino a 1 km dalla foce) occorre investigare anche l'effetto di un'escursione di marea pari a 75 cm.

Si ricorda infine che i carichi gravitazionali e funzionali (purchè verticali) non sollecitano gli ormeaggi mentre, per quanto riguarda i carichi accidentali e sismici discussi al Capitolo 4, si richiede una verifica specifica.





## CAPITOLO 7 VERIFICA DEI COMPONENTI IL SISTEMA DI ORMEZZO

### 1 Verifica elemento distanziatore

Per la scelta della geometria dell'elemento distanziatore si raccomanda l'utilizzo di elementi di tipo cilindrico per ragioni di accoppiamento con l'IG nonché con l'elemento di ancoraggio. Inoltre l'elemento a sezione circolare garantisce, rispetto ad un profilato di analoghe dimensioni, una migliore resistenza a instabilità a compressione assiale e, sebbene trascurabili in tale elemento, a sollecitazioni di tipo torsionale.

Nei paragrafi seguenti si riportano quindi le relazioni da utilizzare per le verifiche di resistenza e a stabilità dell'elemento distanziatore di tipo cilindrico.

In ogni caso può essere considerato come elemento distanziatore un profilato che dovrà soddisfare i requisiti di resistenza e stabilità imposte dalle norme [2.2].

Infine, oltre alle verifiche menzionate, occorre valutare la lunghezza dell'elemento distanziatore al fine di garantire aspetti di tipo funzionale riportati nei seguenti paragrafi.

#### 1.1 Tensioni limite per elementi distanziatori di tipo cilindrico

##### 1.1.1 Tensione assiale

La tensione ammissibile,  $F_t$ , per elementi distanziatori di tipo cilindrico soggetti a carichi assiali di tensione devono essere determinati secondo la seguente relazione:

$$F_t = 0.6F_y \quad (7.1)$$

dove:

$F_y$  = tensione di snervamento del materiale (MPa).

##### 1.1.2 Compressione assiale

###### a) Verifica a instabilità globale

La tensione assiale di compressione ammissibile,  $F_a$ , deve essere determinata dalle seguenti formule per elementi di tipo cilindrico con un rapporto  $D/t$  uguale o inferiore a 60:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \quad \text{per } Kl/r < C_c \quad (7.2)$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad \text{per } Kl/r \geq C_c \quad (7.3)$$

dove:

$$C_c = \left[ \frac{2\pi^2 E}{F_y} \right]^{1/2}$$





$E$  = Modulo di elasticità di Young (MPa)

$l$  = lunghezza elemento distanziatore

$r$  = raggio di inerzia (m)

$K$  = fattore di lunghezza effettiva, da assumersi secondo lo schema statico adottato, come in tabella 7.1:

La deformazione è indicata con la linea tratteggiata

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valore di $K$ teorico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0*
Valori di progetto consigliati nel caso in cui le condizioni ideali siano approssimate	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10**	2.0
Tipo di connessione		Rotazione libera	Rotazione libera	Traslazione fissata	Traslazione fissata	Traslazione libera
		Rotazione libera	Traslazione libera	Traslazione libera	Traslazione libera	
		Traslazione libera				
						

\*  $K$  potrebbe essere maggiore di 2

\*\* Estremo superiore assunto come perfetta rotazione libera

Tab. 7.1 - Fattore di lunghezza effettiva per elementi compressi

Per elementi cilindrici aventi un rapporto  $D/t$  maggiore di 60, occorre sostituire la tensione di instabilità locale utilizzando il valore più piccolo tra  $F_{xe}$  e  $F_{xc}$  (vedi punto b) seguente) a  $F_y$  nella formula di  $C_c$  e  $F_a$ .

### b) Verifica a instabilità locale

Nel caso in cui il rapporto  $D/t$  sia maggiore di 60 e meno di 300, con uno spessore  $t \geq 6$  mm, sia la tensione a instabilità locale elastica ( $F_{xe}$ ) sia quella inelastica ( $F_{xc}$ ) dovuta alla compressione assiale deve essere determinata dalle equazioni 4 e 5. L'instabilità globale dell'elemento distanziatore deve essere determinata sostituendo la tensione a instabilità locale critica (utilizzando il valore più piccolo tra  $F_{xe}$  e  $F_{xc}$ ) a  $F_y$  nella formula di  $C_c$  e  $F_a$ .



### b1. Tensione a instabilità locale elastica

La tensione a instabilità locale elastica,  $F_{xe}$ , deve essere determinata dalla seguente formula:

$$F_{xe} = 2CEt / D \quad (7.4)$$

dove:

C = coefficiente d'instabilità elastica  
D = diametro esterno (m)  
t = spessore (m)

Il valore teorico di C è 0.6. In ogni caso si raccomanda l'utilizzo di un valore ridotto di C = 0.3 per tener conto delle imperfezioni geometriche iniziali all'interno dei limiti di tolleranza normalmente specificati per la fabbricazione di elementi tubolari.

### b2. Tensione a instabilità locale inelastica

La tensione a instabilità locale inelastica,  $F_{xc}$ , deve essere determinata dalla seguente relazione:

$$F_{xc} = F_y \cdot \left[ 1.64 - 0.23(D/t)^{1/4} \right] \leq F_{xe} \quad (7.5)$$

$$F_{xc} = F_y \quad \text{per } (D/t) \leq 60.$$

#### 1.1.3 Flessione

La tensione a flessione critica,  $F_b$ , deve essere determinata dalla seguente relazione:

$$F_b = 0.75F_y \quad \text{per } \frac{D}{t} \leq \frac{10340}{F_y} \quad (7.6)$$

$$F_b = \left[ 0.84 - 1.74 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \quad \text{per } \frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \leq \frac{20680}{F_y} \quad (7.7)$$

$$F_b = \left[ 0.72 - 0.58 \frac{F_y D}{Et} \right] F_y \quad \text{per } \frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 300 \quad (7.8)$$

#### 1.1.4 Taglio

##### a) Verifica a taglio

La massima tensione a taglio,  $f_v$ , per elementi cilindrici è il seguente:

$$f_v = \frac{V}{0.5A} \quad (7.9)$$

dove:

$f_v$  = massimo stress di taglio (MPa)  
V = forza di taglio trasversale (MN)  
A = area della sezione (m<sup>2</sup>)

La tensione di taglio ammissibile,  $F_v$ , deve essere determinata dalla seguente relazione:

$$F_v = 0.4F_y \quad (7.10)$$

### b) Verifica a taglio torsionale

Lo stress di taglio torsionale massimo,  $f_{vt}$ , per elementi cilindrici è il seguente:

$$f_{vt} = \frac{M_t(D/2)}{I_p} \quad (7.11)$$

dove:

$f_{vt}$  = stress di taglio torsionale massimo (MPa)

$M_t$  = momento torsionale (MNm)

$I_p$  = momento d'inerzia polare ( $m^4$ )

e lo stress di taglio torsionale ammissibile,  $F_{vt}$ , deve essere determinato dalla seguente relazione:

$$F_{vt} = 0.4F_y \quad (7.12)$$

## 1.2 Tensioni combinate per elementi cilindrici

### a) Tensioni combinate di compressione assiale e flessione

Elementi cilindrici distanziatori soggetti a compressione assiale e flessione devono essere dimensionati in modo tale da soddisfare, su tutti i punti lungo la loro lunghezza, entrambi i requisiti seguenti:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{(1 - \frac{f_a}{F_e})F_b} \leq 1.0 \quad (7.13)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (7.14)$$

dove:

$f_a$  = tensione dovuta alla compressione assiale (MPa)

$f_{bx}$  = tensione dovuta alla flessione nella direzione x (MPa)

$f_{by}$  = tensione dovuta alla flessione nella direzione y (MPa)

$F_a$  = tensione ammissibile di compressione assiale (MPa)

$F_b$  = tensione ammissibile di flessione (MPa)

$$C_m = 1 - 0.4 \left( \frac{f_a}{F_e} \right), \text{ oppure } 0.85 \text{ se minore.}$$

La tensione di Eulero,  $F_e'$ , per un elemento cilindrico è definita dalla seguente formula:

$$F_e' = 12\pi^2 \frac{E}{23(Kl/r)^2}$$

Nel caso in cui  $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ , occorre utilizzare la seguente formula al posto delle due precedenti:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (7.15)$$

## b) Tensione assiale combinata con flessione

Gli elementi di tipo cilindrico soggetti a tensione assiale e flessione devono essere dimensionati in modo tale da soddisfare su tutti i punti lungo la loro lunghezza l'eq. 14.

### 1.3 Verifiche funzionali per l'elemento distanziatore

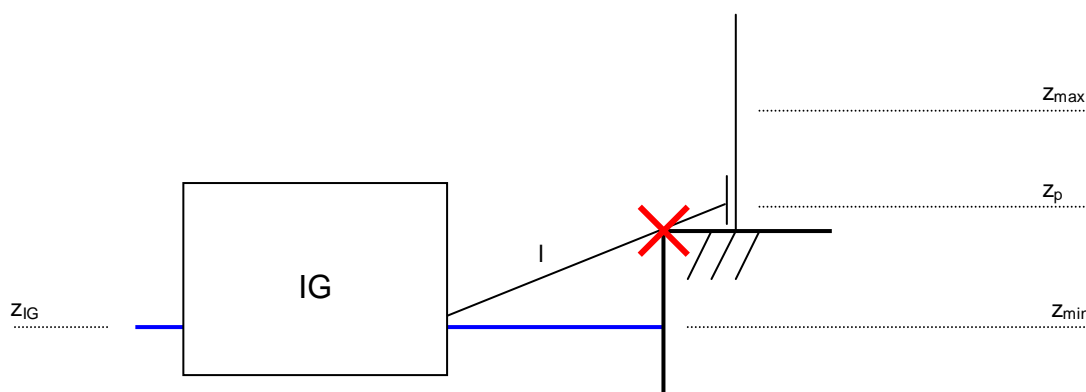
Parallelamente alle verifiche descritte nei paragrafi precedenti, occorre valutare alcuni aspetti di tipo funzionale che caratterizzano la lunghezza dell'elemento distanziatore (già determinante ai fini della stabilità quando soggetto a compressione assiale (cfr. par. 1.1.2. e 1.2.a).

In generale, la lunghezza dell'elemento distanziatore, insieme a quella dell'elemento di ancoraggio (vedi par. 2.3), deve essere determinata con l'obiettivo di assicurare il movimento dell'IG dalla quota di livello minimo di profondità d'acqua  $z_{min}$  alla quota di massima  $z_{max}$  del fiume Tevere.

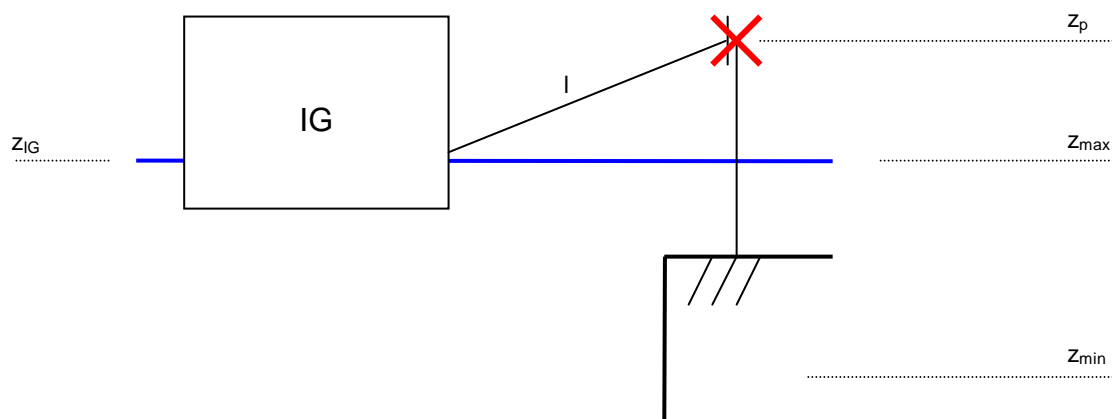
Inoltre la lunghezza dell'elemento distanziatore, oltre a poter garantire la distanza IG – Banchina stabilita in fase di progetto, deve tenere conto di alcuni aspetti schematizzati qui di seguito:

#### Caso elemento distanziatore con pattino (cfr. fig. 2.4)

a) se  $z_{IG} = z_{min}$ , allora "l" tale che  $z_{min} \leq z_p \leq z_{max}$  senza che l'elemento distanziatore urti la banchina:

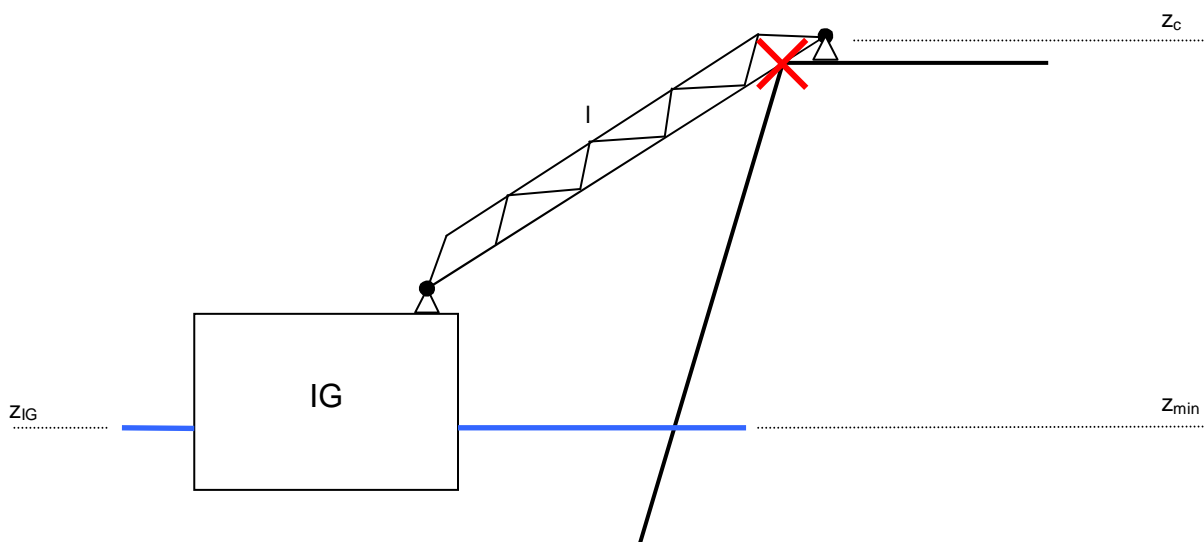


- b) se  $z_{IG} = z_{max}$ , allora "l" tale che  $z_p \geq z_{max}$  senza che  $z_p$  non superi la quota massima dell'elemento di ancoraggio:



**Caso elemento distanziatore incernierato (vedi fig. 2.5)**

- se  $z_{IG} = z_{min}$ , allora "l" tale che  $z_c \geq z_{min}$  senza che l'elemento distanziatore urti la banchina/sonda:



Naturalmente, allo scopo di evitare i casi sopra elencati, oltre alla lunghezza dell'elemento distanziatore, è possibile agire sull'altezza dell'elemento di ancoraggio (cfr. par. 2.3).



## 2 Verifica dell'elemento di ancoraggio

Prendendo in considerazione il caso della configurazione base (fig. 2.3), occorre verificare l'elemento strutturale di ancoraggio soggetto alle sollecitazioni di tipo flessionale e torcente conseguenti all'azione di vento e corrente sulla IG

Per l'elemento di ancoraggio si raccomanda l'utilizzo di una trave IPE o HE fondata in banchina.

### 2.1 Verifica di resistenza e stabilità globale

#### 2.1.1 Sforzo normale e flessione

Nel caso della configurazione base (vedi fig. 2.3) l'elemento di ancoraggio è soggetto ad uno stato tensionale di flessione generato dalla componente orizzontale della forza trasmessa dall'elemento distanziatore. Si trascura, infatti, la componente verticale di questo ultimo (tra l'altro eccentrica, rispetto all'asse di mezzeria della trave, che comporterebbe un momento localizzato) generata dall'attrito tra l'elemento di ancoraggio e il pattino che, in ogni caso, deve essere sempre mantenuto ingrassato per facilitare il suo movimento (vedi par. 3.1).

Prendendo in considerazione invece la configurazione con l'elemento distanziatore incernierato o il sistema articolato, l'elemento di ancoraggio sarà soggetto anche a sforzo normale.

In entrambi i casi, la sezione dell'elemento di ancoraggio più sollecitata è quella di base che sarà verificata se (vedi fig. 7.1):

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{N}{A} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_m}, \text{ con } N = 0 \text{ nel caso elemento distanziatore con pattino} \quad (7.16)$$

dove:

$M_x = P \cdot H$  = momento generato dalla componente orizzontale della forza trasmessa dall'elemento distanziatore (in  $N \cdot mm$ )

$H$  = altezza dell'elemento di ancoraggio o altezza del punto di attacco dell'elemento distanziatore (mm)

$P$  = componente orizzontale della forza trasmessa dall'elemento distanziatore (N)

$N$  = componente verticale della forza trasmessa dall'elemento distanziatore (N)

$W_x$  = modulo d'inerzia dell'elemento di ancoraggio ( $mm^3$ )

$A$  = area della sezione dell'elemento di ancoraggio ( $mm^2$ )

$f_{yk}$  = tensione di snervamento del materiale dell'elemento di ancoraggio (MPa);

$\gamma_m$  = fattore di sicurezza

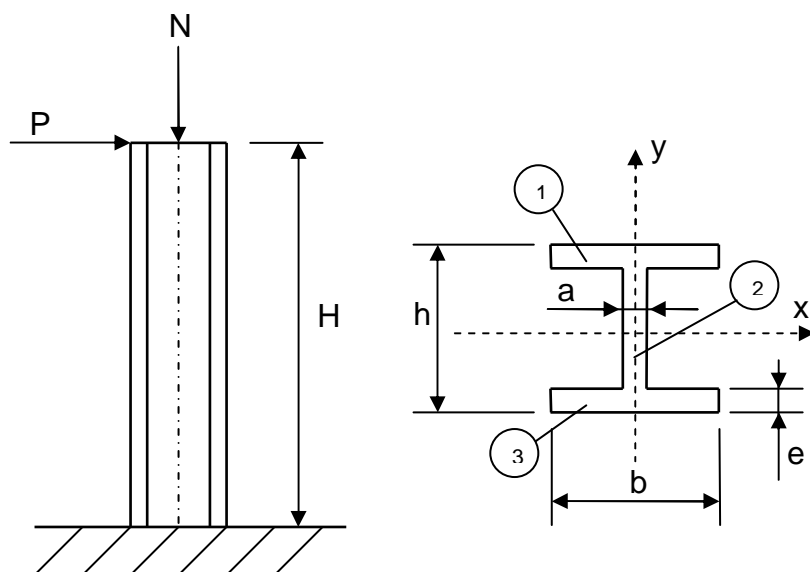


Fig. 7.1 - Trave soggetta a sforzo normale e flessione



## 2.1.2 Sforzo di taglio e torsione

### a) Taglio

Nel caso in cui venga utilizzata una trave il taglio dell'elemento di ancoraggio è espresso dalla seguente relazione:

$$\tau = \frac{P}{A_t} \quad (7.17)$$

dove  $A_t$  è l'area dell'anima del profilato.

### b) Torsione

L'elemento di ancoraggio può essere soggetto a un momento torsionale trasmesso dall'elemento distanziatore e generato dall'azione del vento e della corrente agente sull'IG.

Considerando sempre il caso base in cui viene utilizzato come elemento di ancoraggio il calcolo della tensione tangenziale può essere eseguito nel modo seguente:

- calcolo delle rigidzze torsionali delle parti componenti la sezione (vedi fig. 7.1):

$$K_i = G \cdot J_i$$

$$K_1 = K_3 = G \cdot \frac{1}{3} \cdot b \cdot e^3$$

$$K_2 = G \cdot \frac{1}{3} \cdot (h - e) \cdot a^3$$

$$\sum_j K_j = K_1 + K_2 + K_3$$

- ripartizione del momento torcente nelle parti componenti la sezione:

$$M_{ti} = \frac{M_t}{\sum_j K_j} K_i$$

$$M_{t1} = M_{t3} = \frac{M_t}{\sum_j K_j} K_1$$

$$M_{t2} = \frac{M_t}{\sum_j K_j} K_2$$

- calcolo della tensione tangenziale massima in ogni parte componente la sezione:

$$\tau_{\max 1} = \tau_{\max 3} = \frac{M_{t1}}{J_1} \cdot e$$

$$\tau_{\max 2} = \frac{M_{t1}}{J_1} \cdot a$$

### c) Sovrapposizione degli effetti

Per concludere la trave sollecitata a taglio combinata con torsione è verificata se:



$$\tau_{\max 1} = \tau_{\max 3} \leq \tau_{\lim}$$

$$\tau + \tau_{\max 2} \leq \tau_{\lim}$$

dove  $\tau_{\lim}$  è la tensione ammissibile a taglio del materiale dell'elemento di ancoraggio (MPa).

### 2.1.3 Verifica a stabilità globale

L'elemento di ancoraggio è soggetto a sforzo normale solo nel caso in cui l'ormeaggio sia costituito da un elemento distanziatore incernierato o da un sistema articolato.

Nel caso in cui l'ormeaggio non venga progettato come da configurazione base di fig. 2.3, occorre eseguire la verifica a stabilità dell'elemento di ancoraggio soggetto a carichi di pressoflessione. Nel caso in cui questo ultimo sia un profilato, si raccomanda di compiere le verifiche riportate nelle istruzioni [2.3].

## 2.2 Verifiche locali di resistenza e stabilità

### 2.2.1 Flessione locale nella piattabanda del profilo di ancoraggio

Le componenti del pattino direttamente applicate alla piattabanda dell'elemento di ancoraggio tendono a generare un momento flettente locale nelle ali del profilato che possono pregiudicare il corretto movimento del pattino, qualora l'elemento distanziatore applichi sforzi di trazione.

Si raccomanda quindi la verifica della tensione nella sezione di attacco della piattabanda all'anima secondo una formulazione del tipo:

$$\frac{3N_d(b/2 - a/2)}{c * h^2} \leq \frac{f_{yk}}{\gamma_m} \quad (7.18)$$

dove:

$N_d$  = forza di trazione agente sull'elemento distanziatore (N)

$h$  = altezza dell'elemento di ancoraggio (mm)

$a$  = spessore dell'anima dell'elemento di ancoraggio (mm)

$b$  = larghezza della piattabanda dell'elemento di ancoraggio (mm)

$c$  = spessore della piattabanda dell'elemento di ancoraggio (mm)

$f_{yk}$  = tensione di snervamento del materiale dell'elemento di ancoraggio (MPa);

$\gamma_m$  = fattore di sicurezza

### 2.2.2 Imbozzamento dell'anima

I carichi di compressione agenti sul pattino collegato all'elemento distanziatore vengono trasmessi attraverso aree limitate dell'anima dell'elemento di ancoraggio. Per questo motivo è necessario analizzare l'imbozzamento locale dell'anima verificando che sia soddisfatta la seguente relazione (vedi fig. 7.2 ):

$$\frac{P}{s(c + 2d)} \leq 1,15\sigma_{\lim} \quad (7.19)$$

dove:

$\sigma_{\lim}$  = tensione limite a compressione del materiale costituente l'anima dell'elemento di ancoraggio (MPa);

$P$  = carico agente (N);

$s$  = spessore dell'anima della dell'elemento di ancoraggio (mm);

$d$  = larghezza dell'elemento attraverso il quale viene trasmesso il carico  $P$  (mm);

$c$  = spessore della piattabanda dell'elemento di ancoraggio (mm).

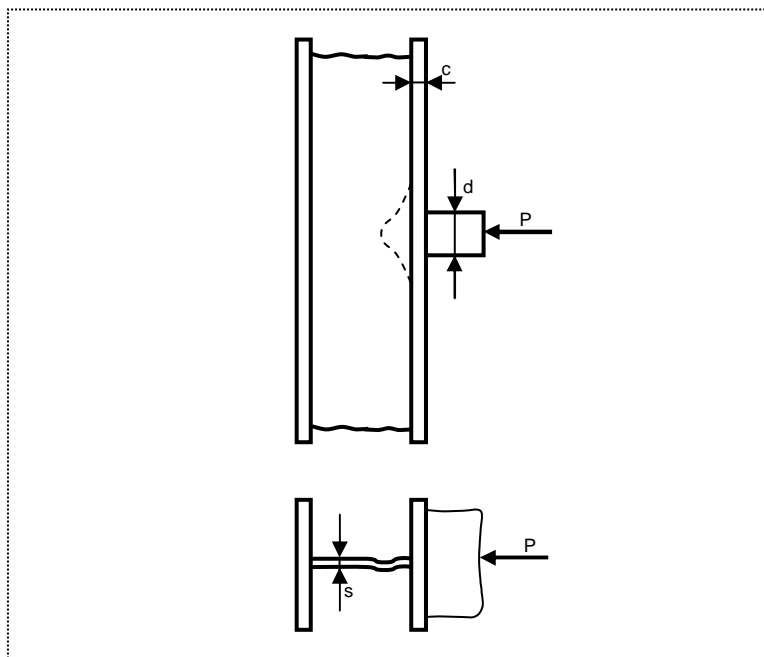


Fig. 7.2 - Imbozzamento locale dell'anima dell'elemento di ancoraggio

### 2.3 Verifiche funzionali dell'elemento di ancoraggio

Analogamente a quanto descritto per l'elemento distanziatore, oltre alle verifiche descritte nei paragrafi precedenti, parallelamente, occorre valutare alcuni aspetti di tipo funzionale che caratterizzano la lunghezza dell'elemento di ancoraggio e, quindi, anche la sua stabilità quando soggetto a compressione assiale (vedi par. 1.3).

In generale la lunghezza dell'elemento di ancoraggio, insieme a quella dell'elemento distanziatore (vedi par. 1.3), deve essere determinata con l'obiettivo di assicurare il movimento dell'IG dallo  $z_{\min}$  allo  $z_{\max}$  del fiume Tevere.

In particolare l'altezza dell'elemento di ancoraggio deve essere tale da evitare i casi elencati in maniera schematica nel par. 1.3.

## 3 Verifica dei cinematismi

### 3.1 Scorrimento pattino

Prendendo in considerazione la configurazione di ormeaggio base (vedi fig. 2.3) si riportano di seguito alcune raccomandazioni in merito al pattino.

Il pattino deve essere costruito in modo tale da assicurare un idoneo accoppiamento di forma con l'elemento di ancoraggio e libero di poter scorrere lungo questo ultimo senza il pericolo di eventuali inceppamenti e/o impuntamenti da parte dell'elemento distanziatore.

Allo scopo di evitare queste possibili problematiche si raccomanda di ingrassare i meccanismi del pattino in modo tale da diminuire il più possibile, durante il suo movimento, l'attrito con l'elemento di ancoraggio. Infine si raccomanda fortemente l'utilizzo di elementi di galleggiamento (*buoyancy tanks*) sul braccio in modo tale da favorire il movimento del pattino lungo l'elemento di ancoraggio evitando possibili impuntamenti. Su tali casse dovrà essere ben visibile la targhetta CE o, alternativamente, dovranno essere collaudate e certificate da un ente terzo.



#### 4 Verifica dei collegamenti

Oltre alle verifiche di resistenza e funzionali degli elementi strutturali distanziatori e d'ancoraggio secondo i criteri indicati, il progettista deve verificare l'adeguatezza, in termini di resistenza, funzionalità e durabilità dei vari collegamenti strutturali tra le membrature costituenti il sistema di ormeggio.

In particolare le verifiche devono riguardare:

- il collegamento asta-pattino, nel rispetto delle prestazioni funzionali richieste;
- il collegamento alla IG, con particolare attenzione ai meccanismi di trasferimento del momento d'incastro dall'elemento distanziatore alla struttura di fiancata della IG, nel rispetto dell'integrità strutturale e della stabilità della stessa IG. Si raccomanda particolare attenzione alla verifica relativa alla trasmissione di sforzi di taglio alla lamiera di fiancata della IG con particolare riferimento al suo punzonamento.

Per quanto riguarda la verifica dei collegamenti strutturali tra le membrature di acciaio si devono rispettare le indicazioni del par. 4.2.8 di [2.2], che tratta i metodi per calcolare le prestazioni resistenti e le relative modalità e regole per la realizzazione dei vari sistemi di unione, potenzialmente costituenti i collegamenti.

Le tipologie considerate sono quelle realizzate tramite bulloni, perni, chiodi e saldature.

In accordo al par. 4.2.9.3 di [2.2], in uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento (ad es. saldatura e bullonatura), a meno che non si dimostri che uno solo di essi possa sopportare l'intero sforzo.

#### 5 Verifiche a fatica

Alcuni elementi del sistema di ormeggio, particolarmente i collegamenti saldati soggetti a specifiche concentrazioni di tensione, possono essere soggetti a fenomeni di fatica, causati dall'azione di carichi ciclici che possono presentarsi sia per la naturale variazione dei carichi ambientali, sia per il ripetersi di carichi funzionali.

Qualora applicabile, un'analisi degli elementi strutturali soggetti a fatica deve essere sviluppata sulla base di un periodo di tempo non inferiore alla vita operativa del componente strutturale.

L'analisi a fatica può essere normalmente condotta con metodi basati sulla valutazione del danno cumulativo, che viene normalmente dato dalla formulazione di Miner:

$$D = \sum \frac{n_i}{N_i}$$

dove:

$n_i$  numero di cicli per anno che caratterizzano un dato ciclo di stress  $\Delta\sigma_i$ ;

$N_i$  numero di cicli che portano a rottura il dettaglio strutturale sotto l'azione dello stesso ciclo  $\Delta\sigma_i$ , in accordo a una data curva S-N.

La resistenza a fatica relativa ai vari dettagli dei collegamenti saldati o bullonati, con le relative curve S-N, può essere reperita in UNI EN 1993-1-9, come indicato peraltro in [2.2].

Il valore di danno calcolato D deve essere confrontato con un valore ammissibile di danno  $\eta$  secondo la:

$$D \leq \eta$$

dove

$\eta = 1$  per dettagli ispezionabili durante la vita operativa del sistema di ormeggio;

$\eta = 0.33$  per dettagli non ispezionabili durante la vita operativa del sistema di ormeggio.





## CAPITOLO 8 VERIFICA DELLA FONDAZIONE

### 1 Criteri generali

Il progetto delle opere di fondazione degli elementi strutturali costituenti il sistema di ormeggio deve rispettare i criteri riportati nel par. 6.4 di [2.2].

Le scelte progettuali per le opere di fondazione devono essere effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione.

Le strutture di fondazione devono rispettare le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio e le verifiche di durabilità indicate nei paragrafi 6.4.2 e 6.4.3 di [2.2] per fondazioni superficiali e su pali rispettivamente

Le verifiche devono essere mirate a prevenire il collasso globale del sistema di fondazione o snervamento e rotture locali dei membri della struttura di base dell'elemento di ancoraggio.

Indipendentemente da queste verifiche, deve essere valutata la possibilità di eccessive deformazioni che compromettano la funzionalità del sistema di ormeggio.

Devono essere infine valutati gli effetti della costruzione dell'opera su manufatti attigui e sull'ambiente circostante.

### 2 Indagini geotecniche

Il progetto delle fondazioni deve essere sviluppato sulla base di informazioni complete e affidabili che caratterizzino le proprietà meccaniche e il comportamento a lungo termine del suolo di fondazione, ottenute da specifiche investigazioni in sito per l'area di interesse dell'ancoraggio.

L'indagine in sito deve essere sufficientemente estesa in modo tale da includere tutti gli strati di terreno ed eventuali depositi rocciosi che possono influenzare il comportamento dell'ancoraggio.

L'indagine in sito può essere sviluppata attraverso uno o la combinazione dei seguenti metodi:

- Metodi geofisici;
- Prove in sito;
- Carotaggi con campionamento provini da sottoporre a prove di laboratorio.

L'indagine deve essere tale da fornire dati per ogni strato di terreno che interessa l'opera di fondazione del sistema di ormeggio.

Nel caso di fondazioni su pali, le indagini devono essere dirette anche ad accertare la fattibilità e l'idoneità del tipo di palo in relazione alle caratteristiche del terreno e della falda acquifera.

### 3 Verifiche del sistema fondazione

Per elementi di ancoraggio sia fondati in banchina che su argine scosceso le verifiche devono riguardare:

- Stati di limite ultimo di tipo geotecnico:
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
  - Collasso per scorrimento sul piano di posa;
  - Stabilità globale
  - Stato di tensione e di deformazione negli elementi strutturali del sistema di ormeggio.



- Stati di limite ultimo di tipo strutturale:

- Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali del sistema di ormeggio.

In particolare, si devono verificare la capacità portante del terreno sotto l'azione di carichi di compressione trasmessi dalla sovrastruttura del sistema di ormeggio e la capacità del sistema di fondazione di assicurare stabilità nei confronti del ribaltamento e dello scorrimento negli elementi di ancoraggio al terreno sotto l'azione del tiro che l'elemento distanziatore di ormeggio applica alla fondazione di base.

### 3.1 Ribaltamento

Il rapporto tra il momento delle forze stabilizzanti e le forze ribaltanti che agiscono in relazione al tiro del sistema di ormeggio, valutato nelle condizioni più sfavorevoli di sollecitazione, con riferimento al punto estremo di applicazione di massima distanza rispetto alle reazioni del terreno, non deve essere inferiore a 1.3.

### 3.2 Capacità portante e resistenza allo scorrimento

La capacità portante e la resistenza allo scorrimento della fondazione devono essere valutate considerando:

- La forma del basamento di fondazione;
- I carichi agenti sulla fondazione e la loro variabilità nel tempo;
- Le caratteristiche del terreno costituente l'argine;
- Le caratteristiche geofisiche degli strati di terreno interessati;
- Le possibili superfici di rottura che interessano il suolo in relazione alle misure adottate contro lo scorrimento (es. introduzione di denti, nervature o "gonne" al di sotto della basamento di fondazione);
- I possibili effetti d'indebolimento delle caratteristiche di rigidità del suolo causate da carichi ciclici o da fenomeni ambientali ricorrenti;
- I possibili effetti di liquefazione in terreni saturi sotto l'azione sismica.

Le valutazioni devono essere fatte, per quanto applicabile, sia in condizioni drenate sia non drenate.

Nella condizione più sfavorevole di combinazione delle azioni di progetto si deve avere un adeguato margine di sicurezza nei confronti del collasso del sistema fondazione.

In conformità alla normativa italiana applicabile, le verifiche condotte devono rispettare i margini di sicurezza introdotti con le combinazioni di carico e i coefficienti parziali di tab. 6.4.I e tab. 6.4.II di [2.2] per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali e su pali rispettivamente.

In generale, i margini di sicurezza nei confronti dei due meccanismi di collasso non dovrebbero essere inferiori ai fattori di sicurezza riportati nella seguente tabella:

Tipo di collasso	Fattore di sicurezza
Collasso per capacità portante	2.0
Collasso per scorrimento	1.5

Detti fattori di sicurezza devono essere incrementati in presenza di significativi carichi ciclici o quando le informazioni sui dati geotecnici di base sono particolarmente carenti.

Nel caso di fondazioni su pali, devono essere rispettati i criteri del par. 6.4.3 di [2.2], mentre, nel caso di utilizzo di tiranti d'ancoraggio, si applicano i criteri del par. 6.6 di [2.2].





### 3.3 Assestamenti e spostamenti

Una verifica dei possibili movimenti di assestamento e degli spostamenti che interessano il sistema fondazione deve essere fatta considerando in generale:

- Movimenti d'assestamento iniziali e secondari;
- Possibili spostamenti differenziali, causa in particolare di rotazioni permanenti nella struttura sovrastante;
- Spostamenti permanenti, nel piano orizzontale e nel piano verticale;
- Spostamenti causati da carichi dinamici o sisma.

La valutazione degli spostamenti diventa fondamentale nel caso di fondazione su pali.

Il valore calcolato degli spostamenti assoluti o differenziali che si possono verificare, sia in modo temporaneo che permanente, non deve eccedere i limiti che compromettano la sicurezza o la funzionalità del sistema d'ormeaggio.

## 4 Stabilità dell'argine

Trattandosi di fondazioni normalmente superficiali e collocate in prossimità del corso del fiume, le fondazioni del sistema di ormeaggio devono essere accuratamente verificate nei confronti della stabilità allo scalzamento che può avvenire in occasione di fenomeni di piena a causa di spinte idrostatiche causate da inondazioni o innalzamento del livello dell'acqua nel terreno sottostante la fondazione così come, a lungo termine, da problemi di stabilità, sempre del terreno sottostante, causati da erosione dell'argine.

La profondità del piano di posa della fondazione deve essere quindi scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche del sottosuolo e ai fenomeni ambientali attesi in relazione alla piena di riferimento (periodo di ritorno 200 anni).

In generale, il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato da fenomeni di gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua e il basamento deve essere posizionato ad un'adeguata distanza dall'argine e verificato contro il ribaltamento sotto l'azione di eventuali azioni di tipo idrostatico che lo vadano ad interessare nel caso di innalzamento del livello di profondità d'acqua del fiume.

Quest'ultima verifica può essere evitata solo se il piano di posa è situato in strati di terreno impermeabili o comunque al di sotto della quota di fondo fiume.

Nel caso in cui si prevedano fenomeni di erosione del terreno costituente l'argine o scalzamento causato dallo scorrere delle acque fluviali le fondazioni devono essere poste a profondità tale da non risentire di questi fenomeni o adeguatamente difese.

Per prevenire l'erosione dell'argine, si può adottare una delle seguenti misure:

- Protezione diretta dell'argine con strutture di rinforzo, paratie, palancole, ecc.
- Tura di protezione attorno alla struttura di fondazione, come micropali, ecc.
- Ispezione periodica dell'argine con verifica di possibili erosioni sul fondo e posizionamento di strutture di protezione nel caso di accertamento di fenomeni significativi.

I materiali e le strutture sistemate nel corso del fiume ad eventuale protezione contro l'erosione dell'argine devono avere dimensioni e pesi tali da non essere rimossi dalla corrente.



## 5 Verifica fondazione in scarpa

Nel caso di opere situate su pendii o in prossimità di argine scosceso, oltre a criteri di verifica del sistema fondazione sopra riportati, deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio in assenza e in presenza dell'opera e di eventuali scavi, riporti o interventi di altra natura, necessari alla sua realizzazione.

Per le verifiche di stabilità dei pendii si devono applicare i criteri del par. 6.3 di [2.2].

L'analisi di stabilità del pendio deve considerare le pendenze naturali, quelle causate dall'installazione o dalla presenza della struttura d'ormezzo e le possibili variazioni future delle pendenze esistenti nel corso della vita del fiume.

La verifica di stabilità in pendio deve essere attentamente valutata in presenza di strati di argilla soffice e depositi di limo o sabbia non consolidata così come sotto l'eventuale effetto di un'azione sismica significativa.



## CAPITOLO 9 REQUISITI PER L'ESECUZIONE E LA MANUTENZIONE

### 1 Protezione dalla corrosione delle strutture di acciaio

#### 1.1 Generalità

Tutte le strutture di acciaio che costituiscono parte essenziale del sistema di ormeaggio devono essere protette dalla corrosione, con particolare attenzione agli elementi difficili da ispezionare o riparare e alle componenti del sistema soggette all'aggressione dell'acqua, sia per immersione dovuta all'innalzamento del livello del fiume sia per spruzzi occasionali.

In accordo alla normativa vigente [2.2], è vietato l'uso di profilati con spessore  $t < 4$  mm.

Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore  $t = 3$  mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali ad esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati.

Detta limitazione non riguarda gli elementi e i profili zincati a freddo.

Le barre d'armatura contenute in eventuali parti di calcestruzzo armato del sistema d'ormeaggio quali plinti di fondazione dell'ancoraggio possono considerarsi protette se circondate da un adeguato copriferro di calcestruzzo di buona qualità, di composizione omogenea e ben compatto.

Altri elementi strutturali di acciaio destinati ad essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati ma possono essere zincati a caldo.

#### 1.2 Sistemi per la protezione dalla corrosione

Tutte le parti in acciaio del sistema di ormeaggio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura.

Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati, precaricati e non precaricati, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei collegamenti.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

Le componenti in acciaio del sistema d'ormeaggio soggette occasionalmente all'azione dell'acqua devono essere protette mediante verniciatura, che deve avere proprietà chimiche e caratteristiche di durabilità tali da garantire la protezione per un periodo di tempo adeguato e compatibile con normali esigenze di manutenzione.

Nella scelta della vernice di protezione è consigliabile anche tenere conto della temperatura di servizio e della sua capacità di resistere ad azioni meccaniche.

Uno strato di vernice di spessore adeguato deve essere applicato in maniera compatta ed omogenea su tutte le parti esposte.

Nel caso di parti inaccessibili, o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovrassessori.

Le parti metalliche che costituiscono componenti del sistema d'ormeaggio costantemente immerse in acqua, quali ad esempio parti di collegamento alla fiancata della IG, devono essere progettate con adeguato sovrassessore per tenere conto di un rateo di consumo da corrosione caratteristico della vita di esercizio e soggette regolarmente a un'ispezione visiva per verificare eventuali anomalie.

Anche il tubo distanziatore, se non verniciato o zincato, deve essere adottato con adeguato sovrassessore per tenere conto dei fenomeni di corrosione.



In generale, in assenza di adeguati sovrasspessori, le strutture immerse possono essere protette da un sistema di protezione catodica o da corrente impressa, ma quest'ultimo sistema deve essere evitato in spazi dove non si abbia un sufficiente ricambio d'acqua.

## 2 Controlli in esecuzione

Il progetto del sistema di ormeaggio deve contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione, per quanto riguarda in particolare le opere di fondazione e la realizzazione dei collegamenti.

Una figura professionale per la direzione dei lavori in esecuzione deve essere normalmente prevista in accordo ai requisiti di legge [2.1]: tale figura può essere coperta dallo stesso progettista ed ha la responsabilità della corretta esecuzione e del montaggio del sistema progettato.

Le componenti prefabbricate, così come gli elementi strutturali di acciaio, del sistema di ormeaggio devono essere forniti con adeguata certificazione da un produttore qualificato, in accordo ai requisiti del par. 11.3 di [2.2].

## 3 Materiali e prodotti

In accordo alla normativa italiana vigente [2.2], i materiali e i prodotti per uso strutturale utilizzati nel sistema di ormeaggio devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione si applicano le indicazioni e prescrizioni riportate nel par. 11.1 di [2.2].

Si raccomanda l'utilizzo di materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata.

In accordo alla normativa europea, l'utilizzo di materiali e prodotti impiegati nelle opere dovrà essere caratterizzata dal possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499.

## 4 Esecuzione delle saldature

### 4.1 Procedimento di saldatura

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto utilizzati per le unioni di parti del sistema d'ormeaggio devono essere conformi ai requisiti di cui al par. 11.3.4 delle norme [2.2].

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

Per l'omologazione degli elettrodi da impiegare nella saldatura ad arco si può fare riferimento alla norme UNI 5132:1974.

Per gli altri procedimenti di saldatura devono essere impiegati i fili, flussi o gas di cui alle prove di qualifica del procedimento.



Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) devono, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo devono essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati devono essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999.

Tutti i procedimenti di saldatura devono essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005. Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termicamente alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili.

Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

## 4.2 Controlli non distruttivi

Le saldature dovranno essere sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. In assenza di tali dati si può adottare il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004.

L'entità ed il tipo dei controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, possono essere definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; in generale, per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si usano metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione si usano metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si può fare riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli devono essere qualificati almeno di secondo livello secondo la norma UNI EN.

## 5 Collaudo

In accordo alla norma di legge per le opere civili [2.1], dette opere non possono essere poste in esercizio prima dell'effettuazione del collaudo statico.

Si riportano quindi le indicazioni della norma [2.2] da applicarsi per il collaudo finale del sistema di ormeaggio inteso come opera realizzata in tale ambito normativo, che comprende in generale i seguenti adempimenti:

- a) controllo di quanto prescritto per le opere eseguite sia con materiali regolamentati dal DPR 6.6.2001 n. 380, leggi n. 1086/71 e n. 64/74 sia con materiali diversi;
- b) ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive degli elementi strutturali, ove il collaudatore sia nominato in corso d'opera, e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti;
- c) esame dei certificati delle prove sui materiali eseguiti in opera (calcestruzzo);
- d) esame dei certificati di cui ai controlli in stabilimento (acciaio);
- e) controllo dei verbali e dei risultati delle eventuali prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori.



Il Collaudatore, nell'ambito delle sue responsabilità, dovrà inoltre:

- a) esaminare il progetto dell'opera, l'impostazione generale, della progettazione nei suoi aspetti strutturale e geotecnico, gli schemi di calcolo e le azioni considerate;
- b) esaminare le indagini eseguite nelle fasi di progettazione e costruzione come prescritte nelle norme [2.2];

Infine, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore può richiedere di eseguire tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante metodi non distruttivi;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa.

In particolare le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico a quello sperimentale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

**Riferimenti RINA per revisione e commenti:**

Ing. Stefano Copello  
e-mail [stefano.copello@rina.org](mailto:stefano.copello@rina.org)  
tel 010 5385872

Ultima Revisione 9 Luglio 2010