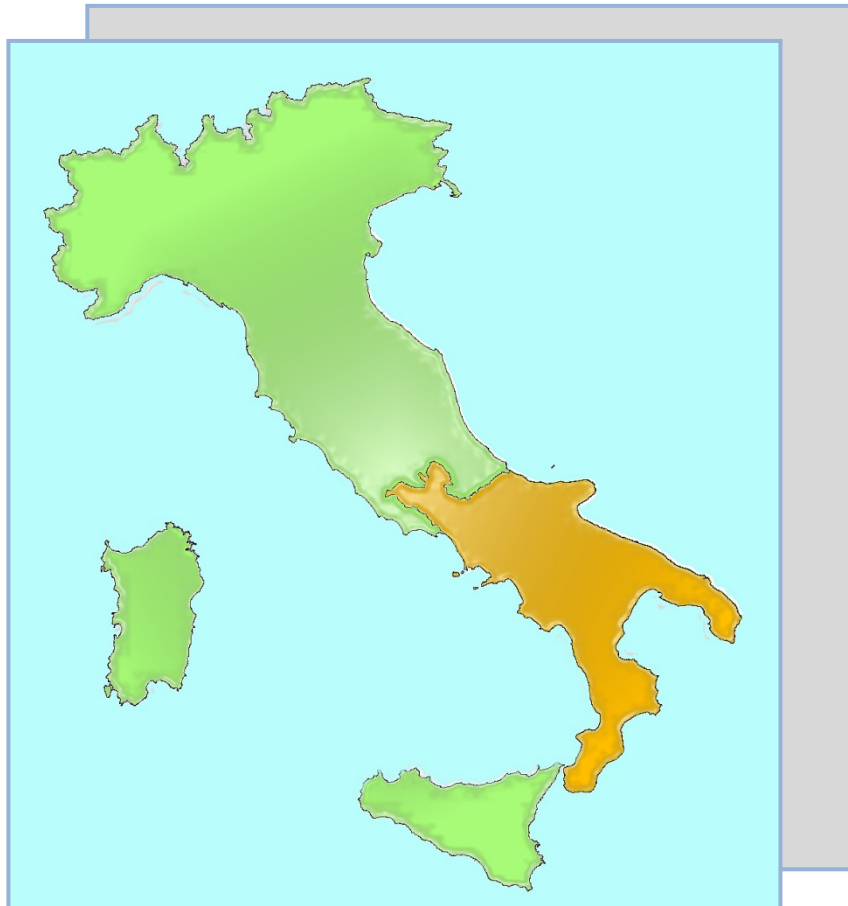


# *Distretto Idrografico dell' Appennino Meridionale*

Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno,  
Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania,  
Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia  
[www.ildistrettoidrograficodellappenninomeridionale.it](http://www.ildistrettoidrograficodellappenninomeridionale.it)

---



**Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale**

## **Appendice 6**

***Proposta metodologica speditiva per la valutazione su macro scala di un indice rappresentativo del grado di vulnerabilità delle strutture arginali***

*“DOCUMENTO DI ORIENTAMENTO PER LA REDAZIONE DEL  
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI – DISTRETTO IDROGRAFICO  
APPENNINO MERIDIONALE”*

*(Direttiva 2007/60/CE – D.Lgs. n 49/2010 – D.Lgs. n.219/2010)*

Luglio 2014



## Sommario

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>La scheda di Vulnerabilità di I livello .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>La scheda di Vulnerabilità di II Livello .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>12</b>

#

#

## 1 Premessa

Nella presente Appendice 6 viene descritto un metodo speditivo predisposto per stimare il grado di vulnerabilità delle strutture arginali.

Come noto, nell'ambito della valutazione e della gestione dei rischi legati a fenomeni alluvionali, la Direttiva Comunitaria 2007/60 e il Decreto Legislativo di attuazione 49/2010 richiedono, fra l'altro, la conoscenza:

1. delle caratteristiche sia "naturali" sia "antropiche" del bacino idrografico o del sottobacino interessato (art. 7);
2. dell'efficienza delle infrastrutture artificiali esistenti per la protezione dalle alluvioni (art. 4);
3. delle situazioni di pericolosità e di rischio legate a fenomeni di rotture arginali (art. 6);

Per quel che concerne gli aspetti legati al punto 1 (cfr. Articolo 7), attualmente lo sviluppo socio-economico e la progressiva estensione del territorio antropizzato hanno prodotto un aumento delle situazioni di rischio con una sempre maggiore richiesta di salvaguardia e/o interventi di mitigazione.

Come noto, con il termine di rischio si indica la misura della gravità di un pericolo nella situazione che si manifesta quando una persona, una costruzione o un territorio vulnerabili si trovano esposti ad un particolare evento indesiderato; mentre, la vulnerabilità indica la predisposizione di una costruzione o di un territorio ad alterazioni in presenza di azioni avverse.

Dunque il rischio, a parità di probabilità di accadimento di un determinato evento ed a parità di esposizione, è tanto maggiore quanto maggiore è la vulnerabilità del territorio e/o del costruito.

Per quel che riguarda quanto riportato al punto 2 (cfr. Articolo 4), le arginature da sempre sono state realizzate per proteggere i territori adiacenti i corsi d'acqua dai fenomeni di inondazione utilizzando nella maggior parte dei casi materiali disponibili in loco, non sempre idonei (Brath A. et alii, 2004). Per tali motivi e a causa sia dell'aumento della frequenza e maggiore intensità degli eventi estremi (dovuti ai cambiamenti climatici) sia della maggiore urbanizzazione del territorio il rischio di alluvione reale può essere superiore al rischio percepito (Bogardi I., 2007).

In generale, con il termine di rischio si indica la misura della gravità di un pericolo nella situazione che si manifesta quando una persona, una costruzione o un territorio vulnerabili si trovano esposti ad un particolare evento indesiderato; mentre, la vulnerabilità indica la predisposizione di una costruzione o di un territorio ad alterazioni in presenza di azioni avverse.

Dunque, il rischio a parità di probabilità di accadimento di un determinato evento è tanto maggiore quanto maggiore è la vulnerabilità (Jappelli R., 2013).

Nel caso in cui si hanno strutture arginali, opere antropiche deputate alla protezione del territorio dai fenomeni alluvionali, che a loro volta risultano vulnerabili nei confronti di eventi di piena, le condizioni di rischio si amplificano e non sempre risultano di semplice definizione se non attraverso metodologie di tipo “fuzzy” (Bogardi I., 2007).

In occasione di rotture arginali o criticità dei sistemi arginali, durante eventi alluvionali (verificatesi anche nei territori ricadenti nel Distretto dell’Appennino Meridionale) le previsioni ex ante, ovvero gli studi effettuati e le modellazioni applicate nell’ambito della redazione dei Piani di Assetto Idrogeologico, risultano diverse dalle condizioni che si sono realmente registrate.

Infine per quel che concerne gli aspetti legati al punto 3 (cfr. articolo 6), la conoscenza delle situazioni di pericolo e quindi di rischio dei territori, anche legati a fenomeni di rotture arginali, sia nelle fasi di pianificazione e di prevenzione che di gestione delle emergenze diventa di fondamentale importanza.

Sebbene con gli attuali strumenti informatici (hardware e software) sia possibile delimitare in maniera praticamente immediata le aree potenzialmente inondabili a seguito di rotture arginali, tuttavia, in assenza di qualunque informazione riguardante il grado di vulnerabilità delle stesse, diventa difficile se non impossibile prevedere dove tali rotture potrebbero verificarsi e, soprattutto, con quali modalità e, quindi, non si riescono ad individuare le reali condizioni di rischio.

Di seguito si illustra una metodologia speditiva finalizzata alla valutazione di un indice di vulnerabilità delle strutture arginali (“Indice VIES” Vulnerability Index of Embankments Structures) attraverso la compilazione di una scheda di vulnerabilità.

Tale scheda, predisposta tenendo conto dei diversi fenomeni che possono determinare le rotture arginali, tarata su diversi “case history” di fallimento registrati in Italia e nel mondo, è strutturata in modo tale da poter essere compilata facilmente e si compone di due livelli (I e II).

Attraverso la compilazione della scheda di I Livello è possibile classificare qualitativamente tutte le strutture arginali esistenti in “potenzialmente non vulnerabili” e “potenzialmente vulnerabili”.

Per queste ultime con la compilazione della scheda di II Livello è possibile determinare quantitativamente la vulnerabilità calcolando l’“Indice VIES” i cui valori sono compresi fra “0” e “100” (“0” nel caso di struttura “poco vulnerabile” e “100” nel caso di struttura “molto vulnerabile”).

Attraverso tale indice di vulnerabilità determinato per le diverse strutture arginali sarà possibile:

- I. programmare complessivamente una gestione economica, efficiente ed efficace del rischio alluvioni;
- II. raggiungere gli obiettivi di riduzione del predetto rischio (in linea con quanto previsto dal punto 2 dell’articolo 8 e dall’Allegato I alla Direttiva 2007/60/CEE) secondo un ordine di priorità;

elaborare mappe della pericolosità e del rischio che prevedano effettivamente fenomeni di rotture arginali in corrispondenza dei tratti in cui sono stati calcolati valori dell’indice di vulnerabilità maggiori (Brath A., Domeneghetti A., 2013).

## 2 La scheda di Vulnerabilità di I livello

SCHEDA I° LIVELLO RILEVAMENTO STRUTTURE ARGINALI									
Comune	1	Ente Compilatore <sup>8</sup> _____							
Località	2								
Corso d'acqua	3								
Bacino Idrografico	4								
Lunghezza tratto omogeneo (m)	5								
Individuazione sz.iniziale o finale	6								
Sponda (Dx o Sx)	7	Scheda N° <sup>9</sup> _____							
PARAMETRI	V.	Q.	ELEMENTI DI VALUTAZIONE		DESCRIZIONE				
1 CARATTERISTICHE GENERALI	10	11	Presenza di tratti curvilinei		esterno	<input type="checkbox"/> interno	<input type="checkbox"/>		
			Pres. opere interferenti con la corrente	<input type="checkbox"/>	14	in alveo	<input type="checkbox"/> in sponda	<input type="checkbox"/>	
			Interventi di ripristino	<input type="checkbox"/>	17	tipologia	18 _____		
2 SEZIONE TRASVERSALE	19	20	Tipologia materiale		descrizione	21 _____			
			Presenza di golena	<input type="checkbox"/>	22	larg gol. $\geq 1$ m	<input type="checkbox"/> larg. gol. < 1 m	<input type="checkbox"/>	
			Presenza di protezione al piede	<input type="checkbox"/>	25	descrizione	26 _____		
			Presenza viabilità sommità argine	<input type="checkbox"/>	27	largh > 3 m	<input type="checkbox"/> largh < 3	<input type="checkbox"/>	
			Altezza arginatura			altezza $\geq 3$ m	<input type="checkbox"/> Alt. < 3 m	<input type="checkbox"/>	
			Larghezza base			largh > 5 m	<input type="checkbox"/> largh < 5 m	<input type="checkbox"/>	
Pend.za sponde lato fiume (F) ed esterne (E)			F = E	<input type="checkbox"/>	F > E	<input type="checkbox"/>			
					F < E	<input type="checkbox"/>			
3 DISCONTINUITA'	37	38	Presenza di discontinuità puntuali	<input type="checkbox"/>	39	tipologia	40 _____		
			Presenza alvei relitti	<input type="checkbox"/>	41	unicursale	<input type="checkbox"/> pluricursale	<input type="checkbox"/>	
			Presenza di varchi arginali	<input type="checkbox"/>	44	presidiati	<input type="checkbox"/> non presidiati	<input type="checkbox"/>	
			Disomogenità rivestimento	<input type="checkbox"/>	47	tipologia	48 _____		
			Immissioni laterali	<input type="checkbox"/>	49	angoli $\geq 45^\circ$	<input type="checkbox"/> angoli < $45^\circ$	<input type="checkbox"/>	
4 STATO	52	53	Stato struttura		54	abbandonata	<input type="checkbox"/> manutenz.	<input type="checkbox"/> non ma.	<input type="checkbox"/>
			Presenza di cedimenti	<input type="checkbox"/>	57	fondazione	<input type="checkbox"/> elevazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Presenza dissesti	<input type="checkbox"/>	60	diffusi	<input type="checkbox"/> al piede	<input type="checkbox"/>	
			Presenza di vegetazione	<input type="checkbox"/>	63	arbustiva	<input type="checkbox"/> arborea	<input type="checkbox"/>	
			Presenza di tane di animali	<input type="checkbox"/>	66	diffuse	<input type="checkbox"/> rare	<input type="checkbox"/>	
5 FRANCO	69	70	Franco $\geq 1$ m	<input type="checkbox"/>	71	Franco = Hw - Ha			
			0,5 m < Franco < 1 m	<input type="checkbox"/>	72	dove:			
			0 < Franco < 0,5 m	<input type="checkbox"/>	73	Hw = quota colmo piena di progetto (m s.l.m.m.)			
			Franco < 0	<input type="checkbox"/>	74	Ha = altezza arginatura (m s.l.m.m.)			

Operativamente tutte le strutture arginali vengono suddivise in tratti omogenei (per materiale, per andamento planimetrico, per sezione trasversale, per età costruttiva) e per ciascun tratto nella scheda di I Livello (fig.1) viene richiesta la conoscenza degli elementi valutativi relativi a cinque parametri (Caratteristiche generali, Sezione trasversale, Discontinuità, Stato e Franco).

A ciascun parametro viene attribuita qualitativamente un giudizio di vulnerabilità (Yes o No) a seconda dell'indicazione attribuita agli elementi valutativi corrispondenti sulla base della seguente tabella esplicativa.

Parametro 1	elemen valutaz.	Vulnerab	Parametro 2	elemen valutaz.	Vulnerab	Parametro 3	elemen valutaz.	Vulnerab	Parametro 4	elemen valutaz.	Vulnerab	Parametro 5	elemen valutaz.	Vulnerab
Caratteristiche Generali	12	<input checked="" type="checkbox"/>	Sezione Trasversale	22	<input type="checkbox"/>	Discontinuità	39	<input checked="" type="checkbox"/>	Stato	54	<input checked="" type="checkbox"/>	Franco	73	<input checked="" type="checkbox"/>
	15	<input checked="" type="checkbox"/>		25	<input type="checkbox"/>		41	<input checked="" type="checkbox"/>		56	<input checked="" type="checkbox"/>		74	<input checked="" type="checkbox"/>
	17	<input checked="" type="checkbox"/>		28	<input checked="" type="checkbox"/>		44	<input checked="" type="checkbox"/>		57	<input checked="" type="checkbox"/>			
							47	<input checked="" type="checkbox"/>		60	<input checked="" type="checkbox"/>			
							50	<input checked="" type="checkbox"/>		67	<input checked="" type="checkbox"/>			

L'assegnazione anche ad un solo parametro del giudizio "Y" comporta la classificazione del tratto omogeneo come "potenzialmente vulnerabile" e quindi successivamente al fine della determinazione quantitativa del grado di vulnerabilità è necessario la compilazione di una scheda di II Livello.

Ovviamente per ogni parametro viene richiesto anche un giudizio circa la qualità dell'informazione (pertanto nella colonna "Q" occorre riportare un giudizio di affidabilità "E" – elevata, "M" – media, "B" – bassa e "A" - assente).

Quindi attraverso la compilazione di tale scheda di I Livello sarà possibile individuare le:

1. strutture "potenzialmente vulnerabili" (con almeno un parametro di vulnerabilità "Y");
2. strutture "potenzialmente non vulnerabili" (con tutti i parametri di vulnerabilità "N").

Per i tratti delle strutture arginali "potenzialmente vulnerabili" viene proposta successivamente la compilazione di una scheda di II Livello che permette di definire quantitativamente la vulnerabilità attraverso il calcolo dell'"Indice VIES".



### 3 La scheda di Vulnerabilità di II Livello

SCHEDA II LIVELLO VULNERABILITA' STRUTTURE ARGINALI				
Scheda II Livello N°	75		Ente Compilatore	76
PARAMETRI	Clas.	Qual	ELEMENTI DI VALUTAZIONE	
1 SISTEMA ARGINALE	77	78	Strutture arginali prive di varchi e/o presenza di immissioni laterali presdiate (Clas. A)	79
			Strutture arginali prive di varchi e/o presenza di immissioni laterali presdiate (Clas. B)	80
			Strutture arginali con rivestimenti non omogenei in tutta la struttura (Clas. C)	81
			Strutture arginali con presenza di discontinuità puntuali e/o interventi di ripristino parziali (Clas. D)	82
2 QUALITA' SISTEMA RESISTENTE	83	84	Strutture progettate secondo quanto previsto dall'A.I.P.C.N. o a quanto previsto dai punti h.5 e h.6 del D.M. 24/03/1982 e dall'ordinanza di P.C. n. 3274/2003 (Clas. A)	85
			Arginature in gabbioni omogenee in tutta la loro estensione (Clas. B)	86
			Strutture rigide o in materiali sciolti ed in terre armate, eventualmente anche rivestite, realizzate prima del 1990 (Clas. C)	87
			Strutture arginali di pessima qualità (Clas. D)	88
3 VULNERABILITA' AL SORMONTO	89	90	Strutture non vulnerabili	98
			Strutture poco vulnerabili	100
			Strutture vulnerabili	102
			Strutture molto vulnerabili	104
4 VULNERABILITA' ALLA FILTRAZIONE	111	112	Strutture non vulnerabili	117
			Strutture poco vulnerabili	127
			Strutture vulnerabili	137
			Strutture molto vulnerabili	147
5 VULNERABILITA' ALL' EROSIONE	157	158	Strutture non vulnerabili	159
			Strutture poco vulnerabili	162
			Strutture vulnerabili	165
			Strutture molto vulnerabili	168
6 CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	166	167	Tratto rettilineo privo di opere antropiche interferenti con la corrente (Clas. A)	168
			Tratto rettilineo con presenza di opere antropiche interferenti con la corrente (Clas. B)	169
			Tratto curvilineo privo di opere antropiche interferenti con la corrente (Clas. C)	170
			Tratto curvilineo con presenza di opere antropiche interferenti con la corrente (Clas. D)	171
7 CONFIGURAZIONE SEZIONE TRASVERSALE	172	173	Strutture omogenee sia longitudinalmente che trasversalmente o zonate purché correttamente dimensionate (Clas. A)	174
			Strutture con presenza di discontinuità purché correttamente dimensionate (Clas. B)	175
			Strutture omogenee sia longitudinalmente che trasversalmente non correttamente dimensionate (Clas. C)	176
			Strutture con presenza di discontinuità non correttamente dimensionate (Clas. D)	177
8 CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	178	179	Strutture arginali con presenza di golena di ampiezza > 5 m (Clas. A)	180
			Strutture arginali con presenza di golena di ampiezza < 5 m (Clas. B)	181
			Strutture arginali con argini di frodo con opere di protezione (Clas. C)	182
			Strutture arginali con argini di frodo privi di protezione (Clas. D)	183
9 CARICHI GRAVANTI	184	185	Strutture sprovviste di carichi (Clas. A)	186
			Strutture idonee a sostenere i carichi (Clas. B)	187
			Strutture con presenza sulla sommità di viabilità interessata da traffico veicolare non significativo L < 5,00 m (Clas. C)	188
			Strutture con presenza sulla sommità di viabilità interessata da traffico veicolare significativo L > 5,00 m (Clas. D)	189
10 PRESENZA ALTRE STRUTTURE	190	191	Tratti privi di elementi, antropici e/o non, vulnerabili nei confronti di eventi di piena (Clas. A)	192
			Tratti con presenza di elementi di modeste dimensioni non antropici vulnerabili nei confronti di eventi di piena (Clas. B)	193
			Tratti con presenza di strutture antropiche di piccole dimensioni vulnerabili nei confronti di eventi di piena (Clas. C)	194
			Tratti con presenza di strutture antropiche e/o non di grandi dimensioni vulnerabili nei confronti di eventi di piena (Clas. D)	195
11 STATO DI FATTO	196	197	Strutture arginali in buone condizioni (Clas. A)	198
			Strutture arginali che sebbene non periodicamente mantenute sono in buone condizioni (Clas. B)	199
			Strutture caratterizzate da uno stato conservativo tale da determinare una significativa diminuzione di resistenza (Clas. C)	200
			Strutture caratterizzate da uno stato conservativo tale da determinare una grave diminuzione di resistenza (Clas. D)	201

Tale scheda è strutturata in modo da poter:

1. essere compilata da personale tecnico, anche in assenza di analisi geotecniche;
2. consentire una valutazione di tipo quantitativo della vulnerabilità delle strutture arginali attraverso il calcolo dell'indice di vulnerabilità (VIES) (il cui valore è compreso fra 0 e 100).

Per la compilazione della scheda di II Livello è richiesta la conoscenza degli elementi di valutazione relativi ad 11 parametri:

- i parametri 1 e 2 tengono conto delle modalità costruttive e della eventuale presenza di discontinuità;
- i parametri 3, 4 e 5 sono legati ai principali fenomeni di rottura delle strutture arginali;
- i parametri 6, 7 e 8 attengono alla configurazione plano altimetrica e alle caratteristiche dimensionali;
- i parametri 9 e 10 fanno riferimento alla presenza di altre opere e carichi interferenti con le arginature;
- il parametro 11 prende in esame le condizioni di manutenzione.

A ciascun parametro viene attribuita nella colonna "Clas." una classe di vulnerabilità (A, B, C e D) in base ai corrispondenti elementi di valutazione presenti nella scheda. Per i parametri 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 l'attribuzione viene effettuata in maniera diretta (anche sulla base delle note esplicative e schemi grafici opportunamente riportati in un manuale allegato alle schede).

Per i parametri 3, 4 e 5 occorre effettuare l'attribuzione della classe di vulnerabilità (A, B, C e D) utilizzando le tabelle di valutazione, di seguito riportate, da compilarci in relazione comunque alla tipologia costruttiva delle strutture arginali.

Anche per la scheda di II Livello per ogni parametro viene richiesto un giudizio circa la qualità dell'informazione (riportando nella colonna "Qual" un giudizio di affidabilità "E" – elevata, "M" – media, "B" – bassa e "A" - assente).

**PARAMETRO 3 VULNERABILITA' AL SORMONTO**

PARAMETRI/ELEM. VAL.	Clas.	Qual	CALCOLO	
			Qp portata di verifica (m <sup>3</sup> /s)	91 _____
			Tr tempo di ritorno portata di verifica	92 _____
3 VULNERABILITA' AL SORMONTO	89 _____	90 _____	d durata piena di progetto (ore)	93 _____
			H quota portata di verifica (m s.l.m.m.)	94 _____
			h quota sommità arginale (m s.l.m.m)	95 _____
			Franco di sicurezza = (H-h) (m)	96 _____
3.A Strutture non vulnerabili	98	A 90 _____	Franco di sicurezza superiore a 1 m	97 _____
3.B Strutture poco vulnerabili	100	B 90 _____	Franco di sicurezza compreso fra 1 e 0.5 m	99 _____
3.C Strutture vulnerabili	102	C 90 _____	Franco di sicurezza compreso fra 0 e 0.5 m	101 _____
3.D Strutture molto vulnerabili	104	D 90 _____	Franco di sicurezza inferiore a 0 (H > h)	103 _____

**PARAMETRO 5 VULNERABILITA' ALL'EROSIONE**

PARAMETRI/ELEM. VAL.	Clas.	Qual	CALCOLO	
			Qp portata di verifica (m <sup>3</sup> /s)	91 _____
			Tr tempo di ritorno portata di verifica	92 _____
			d durata piena di progetto (ore)	93 _____
			H quota colmo di piena portata di verifica	94 _____
			R Raggio idraulico corrente	149 _____
			$\gamma_w$ peso specifico dell'acqua	150 _____
5 VULNERAB. EROSIONE	147 _____	148 _____	i pendenza corso d'acqua	151 _____
			Tensione tangenziale $\tau = \gamma_w \cdot R \cdot i$	152 _____
			Tensione massima di trascinamento $\tau_c = 80 \cdot d_{75}$	153 _____
			$d_{75}$ = diametro del vaglio che consente il passaggio del 75% di materiale costituente il rilevato	154 _____
			$\delta$ = angolo inclinazione della sponda lato fiume sull'orizzontale	155 _____
			$\phi$ = angolo attrito interno materiale costituente la sponda	156 _____
			Tensione massima sulla sponda $\tau_s = \tau_c \cdot ((1 - (\sin^2 \delta / \sin^2 \phi)))^{0.5}$	157 _____
5.A Strutture non vulnerabili	159	A 148 _____	Tensione tangenziale massima sulla sponda minore della tensione massima di trascinamento	158 _____
5.B Strutture poco vulnerabili	161	B 148 _____	Tensione tangenziale $\approx$ tensione massima di trascinamento	160 _____
5.C Strutture vulnerabili	163	C 148 _____	Tensione tangenziale maggiore della tensione massima di trascinamento	162 _____
5.D Strutture molto vulnerabili	165	D 148 _____	Tensione tangenziale molto maggiore della tensione massima di trascinamento	164 _____

**PARAMETRO 4 VULNERABILITA' ALLA FILTRAZIONE**

PARAMETRI/ELEM. VAL.	Clas.	Qual	CALCOLO						
4 VULNERAB. FILTRAZ.	105	106	h1 quota pelo libero lato fiume (m s.l.m.m.)	107					
			h2 quota pelo libero tergo strutture arginali (m s.l.m.m.)	108					
			Lh lunghezza tratti orizzontali o inclinati meno di 45°	108					
			Lv lunghezza tratti verticali o inclinati maggiore di 45°	109					
			Fattore sicurezza $= (1/3 * (Lh + Lv)) / (h1 - h2)$	110					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia molto fine o limo > 8.5	112					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia fine > 7	113					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia media > 6	114					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia grossa > 5	115					
			4.A Strutture non vulnerabili	111	A	106	Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia fine > 4	116	
Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia media > 3.5	117								
Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia grossa con ciottoli > 3	118								
Massi con ciottoli e ghiaia > 4	119								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia molto fine o limo compreso fra 8.5 e 7	121								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia fine compreso fra 7 e 6	122								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia media compreso fra 6 e 5	123								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia grossa compreso fra 5 e 4	124								
4.B Strutture poco vulnerabili	120	B					106	Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia fine compreso fra 4 e 3.5	125
								Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia media compreso fra 3.5 e 3	126
			Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia grossa con ciottoli compreso fra 3 e 2	127					
			Massi con ciottoli e ghiaia compreso fra 4 e 3	128					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia molto fine o limo compreso fra 7 e 6	130					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia fine compreso fra 6 e 5	131					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia media compreso fra 5 e 4	132					
			Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia grossa compreso fra 4 e 3	133					
			4.C Strutture vulnerabili	129	C	106		Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia fine compreso fra 3 e 2.5	134
								Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia media compreso fra 2.5 e 2	135
Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia grossa con ciottoli compreso fra 2 e 1	136								
Massi con ciottoli e ghiaia compreso fra 3 e 2	137								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia molto fine o limo < 6	139								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia fine < 5	140								
Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia media < 4	141								
4.D Strutture molto vulnerab.	138	D					106	Fattore sicurezza per strutture costituite da sabbia grossa < 3	142
								Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia fine < 2.5	143
								Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia media < 2	144
			Fattore sicurezza per strutture costituite da Ghiaia grossa con ciottoli < 3	145					
			Massi con ciottoli e ghiaia < 2	146					

Una volta compilate le schede di I e II Livello il calcolo dell'indice di Vulnerabilità (VIES) viene effettuato attraverso la tabella seguente dei punteggi e dei pesi da assegnare alla classe attribuita a ciascun parametro della scheda di II Livello.

TABELLA 1- Punteggi e Pesi dei Parametri						
N.	PARAMETRO	Punteggio CLASSE				PESO
		A	B	C	D	
1	Organizzazione struttura arginale	0	5	25	45	0.03
2	Qualità sistema resistente	0	5	25	45	0.02
3	Vulnerabilità al sormonto	0	5	25	45	0.25
4	Vulnerabilità alla filtrazione	0	5	25	45	0.25
5	Vulnerabilità alla erosione	0	5	25	45	0.25
6	Configurazione planimetrica	0	5	25	45	0.03
7	Configurazione sezione trasversale	0	5	25	45	0.01
8	Caratteristiche dimensionali	0	5	25	45	0.03
9	Carichi gravanti struttura	0	5	25	45	0.01
10	Presenza di altre strutture	0	5	25	45	0.02
11	Stato di fatto	0	5	25	45	0.10

Tale tabella è stata costruita tenendo conto dei numerosi eventi di rotture arginali registrati in Italia e nel mondo. Ovviamente sia i punteggi sia i pesi possono variare in funzione di particolari condizioni territoriali e/o tipologie costruttive. L'indice di Vulnerabilità proposto (VIES) si ottiene effettuando prima la somma pesata dei punteggi dei singoli parametri della scheda di II Livello:  $V_{tot} = \sum_{i=1}^{11} V_i \cdot P_i$ . Se ad un parametro non è stata attribuita alcuna classe, per carenza di informazioni, gli si attribuisce la classe peggiore con un grado di affidabilità, ovviamente, "Assente". Infine, occorre dividere per il massimo punteggio ottenibile (=45) e moltiplicare per 100 il risultato ottenuto.

A tale indice (VIES) è attribuito anche un indice di affidabilità (compreso tra 2,75 e 11) ottenuto effettuando la somma delle affidabilità dei singoli parametri attribuendo i seguenti valori ai diversi gradi di affidabilità: E elevata = 1; Media = 0.75; Bassa = 0.5 e Assente = 0.25. Nei casi in cui si hanno valori dell'indice di affidabilità molto bassi si ritiene necessario effettuare un'analisi geotecnica delle arginature (Zani O., 2004), ai fini di una più precisa valutazione dell'Indice di Vulnerabilità.

## 4 Conclusioni

Attraverso la scheda di I Livello, di semplice compilazione, per tutte le strutture arginali antropiche è possibile effettuare una prima distinzione fra strutture “potenzialmente non vulnerabili” e strutture “potenzialmente vulnerabili”.

Successivamente, attraverso la compilazione della scheda di II Livello, per le sole strutture “potenzialmente vulnerabili” è possibile calcolare quantitativamente l’indice di vulnerabilità (l’indice VIES).

Quindi utilizzando tale metodologia è possibile in tempi brevi, laddove siano disponibili gli elementi conoscitivi richiesti:

1. individuare quali sono le strutture arginali antropiche “potenzialmente non vulnerabili” attraverso semplici valutazioni di tipo qualitativo;
2. classificare tutte le strutture arginali antropiche “potenzialmente vulnerabili” secondo un indice di vulnerabilità (VIES) senza l’ausilio di prove sperimentali costose e non di semplice esecuzione;
3. programmare complessivamente una gestione economica, efficiente ed efficace del rischio da alluvioni e sia di raggiungere gli obiettivi di riduzione del predetto rischio (cfr punto 2 dell’articolo 8 e Allegato I alla Direttiva 2007/60) secondo un ordine di priorità (in base al valore dell’indice VIES proposto);
4. ottimizzare tutte le fasi emergenziali in caso di eventi alluvionali;
5. consentire alla popolazione di conoscere il rischio reale del territorio nei confronti di eventi alluvionali senza fa ricorso a metodologie complesse (tipo “fuzzy”) che non consentono di avere un’immediata percezione del rischio;
6. valutare il grado di affidabilità di una struttura arginale associandolo ad un valore numerico (dell’”Indice VIES”) compreso fra “0” (struttura poco vulnerabile) e “100” (struttura molto vulnerabile).

L’applicabilità di tale metodologia dipende comunque dalla conoscenza delle caratteristiche progettuali e dalle condizioni degli argini da rilevare mediante campagne ricognitive. Pertanto la modellazione delle classi di pericolosità associata alla rottura arginale dei fiumi potrà essere demandata ad una fase successiva a quella di redazione del Piano di Gestione delle Alluvioni

(giugno 2015) anche in considerazione degli aspetti connessi alla probabilità temporale e spaziale di accadimento.

La metodologia sopra descritta potrà essere comunque testata per valutare il grado di vulnerabilità delle strutture arginali presenti in alcune UoM del Distretto dell'Appennino Meridionale in aree pilota, laddove siano disponibili i dati conoscitivi necessari alla sua compilazione, nell'ambito della prima stesura del Piano di Gestione. Nelle fasi di aggiornamento del piano, in accordo con le misure di prevenzione, preparazione e gestione fissate nello stesso, la suddetta metodologia o altre metodologie eventualmente sviluppate nel frattempo potranno essere applicate a tutto il Distretto per la valutazione e/o aggiornamento dei livelli di pericolosità e rischio nelle aree retro arginali.

## 5 Bibliografia

Brath A., Domeneghetti A., 2013. *Metodi di redazione delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni.*, L'Acqua nn. 5-6 2013.

Brath A., Gianpaoli M., Pistocchi A., 2004 *"Identificazione del rischio di rottura arginale su vasta scala territoriale"*. Le Analisi Idrologiche – idrauliche per la pianificazione di bacino Maggioli editore;

Bogardi I., 2007 *"Reliability of Flood Control Systems"*. D. Skanata and D.M. Byrd (Eds.) IOS Press, 2007.

Caivano A. M., 2002 *"Rischio Idraulico ed idrogeologico"* EPC LIBRI;

Donati F., Gottardi G., Pistocchi A., 2004 *"Modelli di flusso nei mezzi porosi parzialmente saturi: applicazioni al caso dei corpi arginali"*. Le Analisi Idrologiche – idrauliche per la pianificazione di bacino Maggioli editore;

Gaspari E., Fiori A., Cappelli A., Calenda G., 2007 *Studio del fenomeno del sifonamento nei rilevati arginali*. L'Acqua n. 2/2007;

Gruppo Nazionale Difesa Terremoti, 2007 *Manuale e scheda per il rilevamento della vulnerabilità sismica degli edifici* (giugno 2007);

Jappelli R., 2013. *Rischio e priorità*. L'Acqua nn. 5-6 2013

Marchi E., 1957 *“Un criterio per la verifica alla filtrazione delle arginature in terra”* Giornale del Genio Civile n. 6 (1957);

Murachelli A. Riboni V., 2010 *“Rischio idraulico e difesa del territorio”* Dario Flaccovio editore;

Turitto O., Cirio C. G., Nigrelli G., Bossuto P., Viale F., 2010 *“Vulnerabilità Manifestata dagli argini Maestri del fiume Po negli ultimi due secoli”*. L'Acqua n. 6/2010;

Turner A. K. L.Schuster R., 1996 *“Landslides investigation and mitigation”* Special report 247 National Academy Press – Washington, D.C.

Zani O., 2004 *“Rischio di collasso arginale: caratterizzazione geognostica ed analisi geotecnica sistematica delle arginature”*. Le Analisi Idrologiche – idrauliche per la pianificazione di bacino Maggioli editore.