

IL CALCOLO MATRICIALE DEL RISCHIO IDRAULICO

(Luigi Fanizzi - ECOACQUE®)

1. PREMESSE

Le alluvioni sono fenomeni naturali che è impossibile impedire. Tuttavia alcune attività umane (come la crescita degli insediamenti umani e l'incremento delle attività economiche nelle pianure alluvionali, nonché la riduzione della naturale capacità di ritenzione idrica del suolo a causa dei vari usi) e i cambiamenti climatici contribuiscono ad aumentare la probabilità e ad aggravare gli impatti negativi. Una definizione di rischio alluvionale è fornita dall'art. 2 della *Direttiva 2007/60/CE* (Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvione):

"il rischio di alluvioni è la combinazione della probabilità di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica derivanti da tale intervento".

I danni dovuti ad un evento di piena possono essere suddivisi in diretti e indiretti. I danni diretti sono dovuti ad un'interazione fisica del flusso d'acqua con persone, proprietà e ambiente; questi includono, per esempio, perdita di vite umane, danni ad edifici e beni economici, perdite del comparto agricolo. I danni indiretti sono indotti dai primi ma generalmente si manifestano dopo l'evento, sia nello spazio che nel tempo; questi sono rappresentati da interruzioni del traffico, del commercio e dei servizi pubblici e dagli extra costi di emergenza. Entrambe le categorie possono essere ulteriormente classificate in danni tangibili, ovvero esprimibili in termini monetari, o intangibili, esprimibili in termini di vittime, danni alla salute umana, eccetera.

		MISURAZIONE	
		Tangibile	Intangibile
Forma del Danno	Diretto	<ul style="list-style-type: none">■ Distruzione delle infrastrutture■ Danni agli edifici e al contenuto■ Distruzione del raccolto■ Danni al bestiame	<ul style="list-style-type: none">■ Perdita della vita■ Danni alla salute■ Danni al patrimonio culturale■ Effetti negativi sull'ecosistema
	Indiretto	<ul style="list-style-type: none">■ Interruzioni delle attività economiche e commerciali■ Costi di emergenza ed evacuazione■ Pulizia post intervento	<ul style="list-style-type: none">■ Perdita di fiducia nelle autorità■ Impatto psicosociale

Tabella 1 – Tipologie di danni alluvionali (tangibili e non tangibili).

Una generica definizione di rischio è stata formulata dalla World Meteorologica Organization (Floodsite "Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods", Report Number T09-06-01, UFZ, Gennaio 2007):

"il rischio rappresenta le perdite potenziali associate ad un evento estremo che avviene in una data zona e con un dato periodo di ritorno, e può essere definito in termini di conseguenze negative (danni e perdite) e di probabilità di accadimento".

La comunità scientifica ha definito il rischio come combinazione di tre fattori: la **P**ericolosità (Hazard, H), la **V**ulnerabilità (Vulnerability, V) e l'**E**sposizione (Exposure, E).

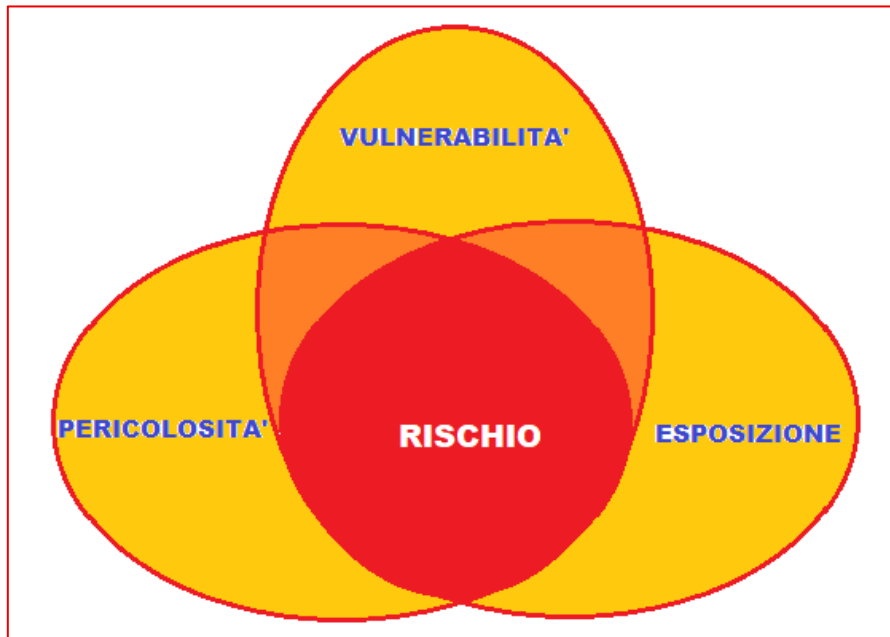


Figura 1- Definizione di Rischio (WMO, 2009).

Per comprendere pienamente la definizione di rischio, si può utilizzare la seguente espressione (D. J. Varnes, 1984):

$$R = H \cdot E \cdot V$$

Questa espressione esprime il concetto che le tre variabili devono essere opportunamente combinate tra loro. Nel seguito si farà riferimento ad una semplificazione poiché il rischio totale relativo all'evento si calcolerà come somma di tutti i valori di rischio individuati riferiti al singolo elemento (recettore). Essi possono essere definiti nel seguente modo (UNDRO, "Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting", 9-12 July 1979. Office of the United Nations):

- ▣ **Pericolosità (Hazard):** "probabilità di accadimento di un predefinito evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato t ed in una certa area";
- ▣ **Vulnerabilità (Vulnerability):** "grado di perdita per un dato elemento a rischio, o di una combinazione di elementi, soggetto ad un evento con una data intensità"; denota l'attitudine di un elemento o di una combinazione di elementi a subire danni per effetto di un evento calamitoso. La vulnerabilità è espressa attraverso un valore compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale) ed è funzione dell'intensità del fenomeno e della tipologia dell'elemento/i a rischio;
- ▣ **Esposizione (Exposure):** "entità economica degli elementi a rischio, come persone, beni o proprietà, che possono essere danneggiati quando si verifica un evento, misurata in modo diverso a seconda della loro natura".
- ▣ **Rischio (Risk):** "è il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alla proprietà e delle perturbazioni alle attività economiche dovuti ad un particolare fenomeno naturale".

2. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ

La pericolosità dipende dall'intensità del processo naturale potenzialmente dannoso ed è generalmente espressa riferendosi a grandezze fisiche scalari o vettoriali che contraddistinguono il fenomeno, per esempio la profondità d'acqua. Tendenzialmente, in ingegneria idraulica l'intensità è valutata attraverso il tempo di ritorno, che rappresenta l'inverso della probabilità che quel dato evento possa avvenire mediamente in un anno. La pericolosità è suddivisa in tre livelli legati al periodo di ritorno dell'inondazione come mostrato nella seguente tabella (ADB Puglia, 2005).

DIRETTIVA ALLUVIONI		PERICOLOSITÀ
Scenario	Tempo di ritorno (anni)	
Area ad alta pericolosità idraulica (A.P.): scenario frequente – Alta probabilità di allagamento.	0 ÷ 30	P3 (Alta)
Area a media pericolosità idraulica (M.P.): scenario poco frequente – Media probabilità di allagamento.	30 ÷ 200	P2 (Media)
Area a bassa pericolosità idraulica (B.P.): scenario raro o di eventi estremi – Scarsa probabilità di allagamento.	200 ÷ 500	P1 (Bassa)

N.B.: Agli effetti del PAI si intendono, in **sicurezza idraulica**, le aree non inondate, per eventi con tempo di ritorno idrologico fino a **200** anni.

Tabella 2 – Scenari di probabilità di accadimento dell'evento alluvionale.

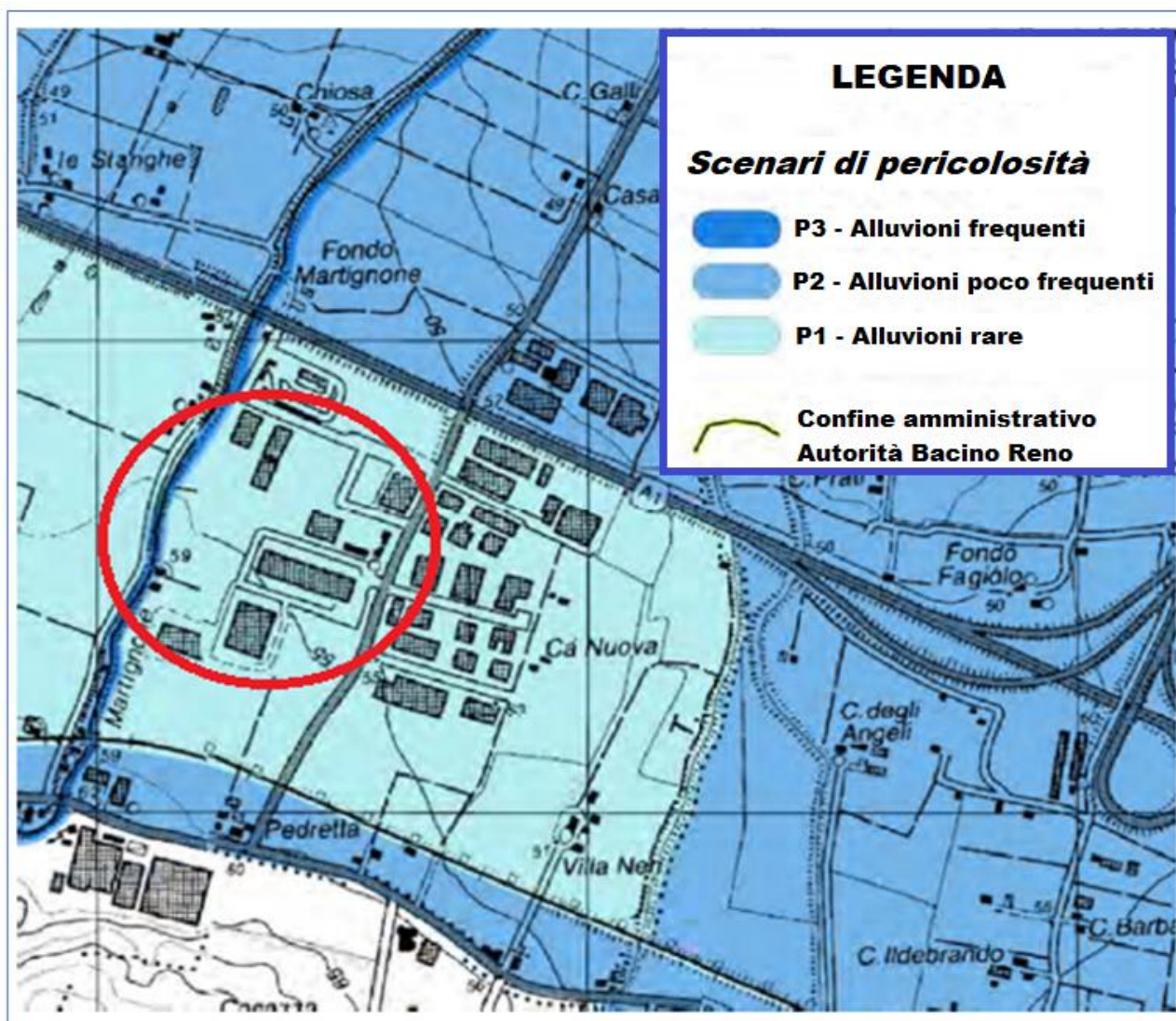


Fig. 2 – Esempio graficizzato di scenario di pericolosità idraulica.

3. STIMA DELL'ESPOSIZIONE

L'analisi dei rischi comporta la valutazione degli elementi esposti suscettibili di danni che possono verificarsi a seguito del manifestarsi dell'evento disastroso, essendo essa collegata alle conseguenze attese in termini di danni. La stima dell'esposizione si traduce nella quantificazione probabilistica dei beni (edifici, infrastrutture, eccetera), delle funzioni (attività sociali, economiche-produttive) e quantificazione delle presenze antropiche (persone) che risultano sensibili al danno. È importante considerare la variabilità dei valori esposti nel tempo (specialmente nelle aree urbanizzate in cui l'uso del suolo è in continua evoluzione) e le incertezze nella sua determinazione.

Le tipologie di elementi esposti sono state in passato indicate nel D.P.C.M 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, N. 180" che stabiliva che dovevano essere considerati come elementi a rischio innanzitutto l'incolumità delle persone e, inoltre, con carattere di priorità, almeno:

- 📍 gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- 📍 le aree su cui esistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- 📍 le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- 📍 il patrimonio ambientale e i beni culturali di interesse rilevante;
- 📍 le aree sede di servizi pubblici e privati, d'impianti sportivi e ricreativi.

Per descrivere completamente l'insieme degli elementi che concorrono a definire il rischio a cui una comunità è esposta, è necessario analizzare la distribuzione, la struttura e le condizioni socio-economiche della popolazione insediata; la quantità e le funzioni del patrimonio edilizio residenziale, pubblico e produttivo; il sistema delle infrastrutture e l'insieme delle attività economiche presenti. Inoltre, dovrebbe essere valutato anche l'impatto che la perdita dell'elemento esposto ha nell'immediato sulla sopravvivenza post-evento: ad esempio, dovrebbe essere attribuito un valore massimo agli edifici 'strategici' come ospedali e scuole, intesi anche come possibili punti di ricovero e raccolta degli sfollati; valori intermedi dovrebbero essere attribuiti ai servizi e alla viabilità, considerando che il loro danneggiamento ostacola le operazioni post-evento. È evidente che una corretta valutazione dell'esposizione sulla base di questi aspetti risulta in genere estremamente complessa, lunga e costosa. Generalmente, la stima del valore esposto può essere condotta effettuando indagini in campo oppure utilizzando dati di uso del suolo esistenti. Nel primo caso si ha il vantaggio di ottenere un'indagine accurata ma questo richiede molto tempo e notevoli risorse economiche; nel secondo caso, invece, si ha la possibilità di utilizzare immediatamente dati provenienti da vari database. La carta degli elementi esposti a rischio è redatta, generalmente, sulla base dell'uso omogeneo del suolo, mediante la classificazione di cui alla Tabella 3.

ELEMENTI ESPOSTI A RISCHIO	
USO DEL SUOLO CON ASSOCIATA CLASSE DI ESPOSIZIONE	TIPOLOGIA
E1	Aree disabitate e/o improduttive
E2	Edifici isolati, infrastrutture viarie minori, zone agricole e/o verde pubblico
E3	Nuclei urbani, insediamenti industriali, artigianali e commerciali minori, infrastrutture viarie minori
E4	Centri urbani, grandi insediamenti industriali, artigianali e commerciali, beni architettonici, storici ed artistici, principali infrastrutture viarie, servizi terziari di rilevante interesse sociale

Tabella 3 – Classificazione d'elementi esposti a rischio associata ad uso del suolo.

4. STIMA DELLA VULNERABILITÀ

La vulnerabilità esprime la propensione di un certo oggetto ad essere danneggiato da un fenomeno a cui l'elemento stesso è esposto; può essere espressa in una scala percentuale da **0 %** al **100 %**. La vulnerabilità è quindi la misura della fragilità, della impossibilità di resistere ad un evento calamitoso da parte di un elemento esposto in funzione delle proprie caratteristiche e dipende dai seguenti fattori (mod., B. Mazzorana, 2012):

- ▣ condizioni fisiche e materiali: *relative al tipo e alla qualità dei materiali delle strutture e alle caratteristiche fisiche delle persone che possono essere coinvolte dalla piena;*
- ▣ condizioni di organizzazione: *legate al modo in cui le comunità sono gestite, strutturate ed interconnesse;*
- ▣ condizioni attitudinali: *relative alla cultura.*

Questi fattori sono brevemente elencati ed analizzati nella seguente Tabella 4 (I. Longo, 2018):

Fattori di Vulnerabilità	Elementi vulnerabili	Fonte di vulnerabilità
Fisiche/Materiali	Infrastrutture, case, aziende agricole, esseri umani	Infrastrutture deboli Materiali inadeguati Mancanza di manutenzione Degrado fisico dei materiali
Organizzative	Comunità	Mancanza di leadership Mancanza di informazioni per le persone Scarsa preparazione della protezione civile
Attitudinali	Esseri umani, comunità	Non consapevolezza dei diritti e degli obblighi Mancanza di autonomia Forte dipendenza dal supporto esterno

Tabella 4 – Fonti di vulnerabilità per diversi tipi di recettori.

A causa delle grandi difficoltà riscontrate nella valutazione dei diversi fattori in gioco e delle notevoli incertezze ad essi correlate, emerge chiaramente quanto sia irrealizzabile, ai fini pratici, la determinazione per via analitica della vulnerabilità. Con riferimento ai soli edifici, nelle applicazioni pratiche si utilizzano generalmente correlazioni empiriche che semplificano notevolmente il problema riducendo al minimo le grandezze richieste in ingresso. In particolare, le funzioni più diffuse fanno corrispondere alla profondità di inondazione il grado di danno subito dalle strutture. Tali correlazioni non tengono conto delle caratteristiche dell'edificio né dei molteplici aspetti della piena che influenzano la risposta strutturale, quali la velocità della corrente, il carico di materiale solido trasportato, la durata dell'inondazione, il periodo dell'anno e il tempo di preallarme. Nonostante la forte approssimazione, tali metodi hanno il merito di consentire una rapida valutazione della vulnerabilità, fornendo valori rappresentativi del grado di danno.

Nel piano di gestione delle alluvioni in vigore in Italia, la vulnerabilità è stata semplicemente classificata in diverse classi come mostra la seguente Tabella 5 (D. Lgs. N. 49/2010):

CLASSI DI VULNERABILITÀ	ELEMENTI VULNERABILI ESPOSTI A RISCHIO IDRAULICO
V0	Gli elementi a rischio sono pressoché in sicurezza idraulica
V1	Gli elementi a rischio possono subire danni funzionali di moderato livello
V2	Gli elementi a rischio possono essere distrutti o gravemente danneggiati
V3	Gli elementi a rischio sono certamente distrutti o gravemente danneggiati
V4	Gli elementi a rischio sono sicuramente distrutti o gravemente danneggiati e c'è la possibilità che la vita umana possa essere persa.

Tabella 5 – Classificazione della vulnerabilità degli elementi esposti a rischio idraulico.

5. STIMA DEL DANNO

La stima del Danno ($D = E \cdot V$), è stata definita seguendo gli "Indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni" del MITE (ex MATTM, Ministero della Transizione Ecologica). Nonché le indicazioni ISPRA (2012) «Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio», con il presupposto che, in mancanza di specifiche curve del danno correlate alla tipologia, magnitudo e frequenza dell'evento considerato ed al comportamento delle strutture ed agli usi delle stesse, la vulnerabilità viene assunta in modo semplificato assegnando conservativamente, a favore di sicurezza, un valore costante uguale ad 1 a tutti gli elementi esposti considerati. In particolare sono stati definiti gli elementi esposti al danno, suddividendo gli elementi in:

- 📍 Elementi puntuali;
- 📍 Elementi poligonali.

	ELEMENTI ESPOSTI	FONTE DATI
PUNTUALI	Beni culturali vincolati	Banca dati SIRBeC – DG Culture, Identità e Autonomie –MIBAC
	Immobili e aree di notevole interesse pubblico	Banca dati SIBA – DG Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile
	Impianti allegato I del D.L. 59/2005	PRIM – DG Sicurezza, Protezione Civile e Immigrazione
	Aree protette per estrazione acqua a uso idropotabile	PTUA
	Strutture ospedaliere	DG Salute
		PRIM – DG Sicurezza, Protezione Civile e Immigrazione
	Scuole	PRIM – DG Sicurezza, Protezione Civile e Immigrazione
	Dighe	DG Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile
	Depuratori	DG Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile
	Inceneritori	Banca dati SILVIA – DG Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile e altre fonti informative pubbliche
POLIGONALI	Uso del suolo	DUSAF 2.1 – Uso suolo
	Reti ferroviarie	DUSAF 3.0 – Uso suolo
	Reti stradali	DUSAF 3.0 – Uso suolo
Grafo stradale (provinciali e comunali) – DG Territorio, Urbanistica e Difesa del Suolo		

Tabella 6 – Elementi esposti a danno idraulico.

Per ciascun elemento è stato associato una classe di danno, seguendo le linee guida sopraindicate ottenendo le Tabelle seguenti:

Elementi esposti	Danno
Beni culturali vincolati	D4
Immobili e aree di notevole interesse pubblico	D4
Impianti allegato I del D.L. 59/2005	D4
Aree protette per estrazione acqua a uso idropotabile	D4
Strutture ospedaliere	D4
Scuole	D4
Dighe	D4
Depuratori	D3
Inceneritori	D3

Tabella 7 – Classi di danno elementi esposti di tipo puntuale.

CLASSE D1		CLASSE D2		CLASSE D4	
DUSAF		DUSAF		DUSAF	
134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate	211	Seminativi	1111	Tessuto residenziale denso
231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	1411	Parchi e giardini	1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso
311	Boschi di latifoglie	221	Vigneti	1121	Tessuto residenziale discontinuo
312	Boschi conifere	222	Frutteti e frutti minori	1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme
313	Boschi misti	223	Oliveti	1123	Tessuto residenziale sparso
314	Rimboschimenti recenti	3114	Castagneti da frutto	11231	Cascine
331	Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi	213	Risaie	1424	Aree archeologiche
321	Praterie naturali d'alta quota	2313	Marcite	12122	Impianti di servizi pubblici e privati
322 - 324	Cespuglieti	1412	Aree verdi incolte	12111	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali
332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione	2241	Pioppeti	12112	Insedimenti produttivi agricoli
333	Vegetazione rada	2242	Altre legnose agrarie	12121	Insedimenti ospedalieri
411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere	Reti stradali		12123	Impianti tecnologici
3113	Formazioni ripariali	D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali	1222	Reti ferroviarie e spazi accessori
3222	Vegetazione dei greti	D3	Reti secondarie: strade comunali	123	Aree portuali
3223	Vegetazione degli argini sopraelevati	CLASSE D3		12125	Aree militari obliterate
511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	DUSAF		124	Aeroporti ed eliporti
5121	Bacini idrici naturali	133	Cantieri	1421	Impianti sportivi
5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda	12124	Cimiteri	1423	Parchi divertimento
5122	Bacini idrici artificiali	132	Discariche	1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive
335	Ghiacciai e nevi perenni	131	Cave		
		2113	Colture orticole		
		2114	Colture floro-vivaistiche		
		2115	Orti familiari		

Tabella 8 – Classi di danno elementi esposti di tipo poligonale.

In sintesi si è opera identificando gli elementi esposti, poligonali e puntuali tramite le carte di utilizzo del suolo DUSAF (coerente con la classificazione CLC del Corine Land Cover di 3°/4° Livello; 2010 ÷ 2018) e tutte le informazioni relative ad aree protette, con vincoli di tipo paesaggistico, archeologico e culturale o socialmente sensibili (CISIS, 2012).

La determinazione del rischio è ottenuta dalla combinazione dei parametri, Danno (Di) e Pericolosità (Pi), condotta attraverso una matrice con 3 righe e 4 colonne. Nelle colonne sono riportati i parametri di danno e nelle righe i livelli di pericolosità associabili agli eventi ad elevata (P3), media (P2) e bassa probabilità (P1) di accadimento. L'implementazione di tale matrice ha consentito l'attribuzione di ogni elemento esposto ad una delle classi di rischio previste nei dispositivi nazionali.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI DANNO			
		D1 = 0,25	D2 = 0,50	D3 = 0,75	D4 = 1,00
CLASSI DI PERICOLOSITÀ	P1 = 0,25 (B.P.)	R1 = 0,0625	R1 = 0,1250	R2 = 0,1875	R2 = 0,2500
	P2 = 0,50 (M.P.)	R1 = 0,1250	R2 = 0,2500	R3 = 0,3750	R3 = 0,5000
	P3 = 1,00 (A.P.)	R2 = 0,2500	R3 = 0,5000	R4 = 0,7500	R4 = 1,0000
MAGNITUDO	P1 = 0,25; P2 = 2 · P1; P3 = 2 · P2; D1 = 0,25; D2 = 2 · D1; D3 = (D1+ D2), D4 = 2 · D2				

Tabella 9 – Matrice sinottica (Quali/Quantitativa) del Rischio idraulico.

Il risultato della combinazione dei dati di input porta alla definizione del livello di rischio riassunto nella seguente Tabella 10.

RISCHIO		DESCRIZIONE
R1	MODERATO	Rischio moderato, per il quale sono possibili danni sociali ed economici ai beni ambientali e culturali marginali
R2	MEDIO	Rischio medio, per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività socio-economiche.
R3	ELEVATO	Rischio elevato, per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici, con conseguente inagibilità degli stessi, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali, con l'interruzione delle funzionalità socio-economiche.
R4	MOLTO ELEVATO	Rischio molto elevato, per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e ai beni ambientali e culturali e la distruzione delle funzionalità delle attività socio-economiche

Tabella 10 – Classi di rischio idraulico ed associata descrizione.

Di seguito si propone, infine, una Matrice sinottica 4x4 (Tabella 11), che associa, per ciascuna classe di rischio idraulico (R1 = Basso → R4 = Molto alto), quattro categorie di "intervento/opere di mitigazione", nella quale, in ogni cella, è riportato il livello di misura consigliata ovvero necessaria, con esemplificazioni concrete.

Rischio / Tipo di opera –	1) Misure preventive leggere	2) Opere di difesa locale (a basso impatto)	3) Opere strutturali e ingegneristiche	4) Gestione, monitoraggio e emergenza
R1 - Basso	Bassa priorità: pulizia regolare alvei, controllo vegetazione su sponde.	Interventi minimi: sistemazione scoline, piccole berm e canali di scolo.	Nessuna opera pesante: valutazione progettuale, eventuale realizzazione di tombini maggiorati solo se pianificato.	Sorveglianza ordinaria: monitoraggio stagionale, piani di manutenzione programmata.
R2 - Medio	Prioritario: consolidamento sponde con bioingegneria; miglior drenaggio agricolo.	Interventi localizzati: arginelli rinforzati, vasche di laminazione piccole, tratti di canalizzazione migliorata.	Interventi mirati: piccoli rinforzi in pietrame, opere di difesa in punti critici: progettazione di raccolta acque.	Allerta e pianificazione: sistemi di monitoraggio idrometeorologico locale, piani d'emergenza comunali aggiornati.
R3 - Alto	Misure diffuse: riqualificazione idraulica di corsi d'acqua, ripristino capacità di deflusso.	Opere importanti: vasche di laminazione medie, canali di deviazione, argini rinforzati in più tratti.	Grandi interventi strutturali: opere di regimazione, caditoie e pompe di sollevamento in aree critiche.	Sistema operativo attivo: stazioni di monitoraggio in tempo reale, sirene/alert SMS, esercitazioni periodiche.
R4 - Molto Alto	Azioni urgenti: rimozione ostacoli al deflusso, cantierizzazione urgente per mitigare rischio imminente.	Opere difensive immediate: argini continui, barriere temporanee e permanenti, grandi vasche di laminazione.	Opere strategiche: grandi opere di difesa territoriale (dighe/argini continui, canali di bypass, reticolo fognario potenziato).	Risposta massiva ed efficiente: centro di comando emergenze, sistemi automatici di chiusura/sollevamento, piani di evacuazione e sostegno alla popolazione.

Tabella 11 – Matrice sinottica degli interventi di mitigazione associati al rischio idraulico calcolato.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **Varnes, D. J.** (1984).: *"Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice"*. Commission on Landslides of the IAEG, UNESCO, Paris.
- [2] **Autorità di Bacino della Puglia** (2005): *"Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme tecniche di attuazione"*, ADB Puglia, Bari.
- [3] **I. Longo** (2018): *"La valutazione del danno da alluvione nell'ambito della pianificazione territoriale"*, Tesi di laurea, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, Politecnico, Torino.
- [4] **B. Mazzorana** (2012): *"Formulazione della vulnerabilità dinamica e schemi computazionali del rischio idraulico"*, Workshop – Valutazione del rischio idraulico in ambito montano ed applicazione della Direttiva Alluvioni, Bolzano.
- [5] **ISPRA** (2012): *"Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio"*, Manuali e Linee Guida, N. 82, Roma.
- [6] **ISPRA** (2010): *"La realizzazione in Italia del Progetto Corine Land Cover 2006"*, Rapporti, N. 131, Roma.