

IL RISCHIO IDRAULICO NEI PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO



Giugno 1996 - La piena del Tagliamento a Braulins (Udine) durante l'alluvione

Alessandro Coccolo

Il perno dell'impianto normativo italiano in materia di difesa del suolo è costituito dalla Legge 18 marzo 1989 n. 183 *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*. Tale strumento ha l'indubbio merito di aver identificato nel "Piano di Bacino Idrografico" (PBI) lo strumento principale di gestione e pianificazione della difesa del suolo. Tuttavia, a causa della vasta scala alla quale opera (unità fisiografica del bacino idrografico inteso come "ecosistema unitario"), esso soffre di lunghi tempi di approvazione e di successivo aggiornamento, nonché di una intrinseca tendenza a divenire uno strumento rigido e di difficile adeguamento al continuo mutare delle esigenze territoriali.

Tale problema è stato sicuramente ravvisato in sede legislativa, sia nella prima stesura legge originaria, dove all'art. 12 si ammette la possibilità di operare per "piani riferiti a sub-bacini", sia nelle successive modificazioni. A tale riguardo va ricordata l'introduzione nel testo base dell'art. 6-ter a seguito della Legge 4 dicembre

1993 n. 493, secondo cui "i piani di bacino idrografico possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali". In tal modo viene offerta la possibilità di operare anche singolarmente per ambiti territoriali o per materie trattate (discipline idrologico-idrauliche, geologico-geotecniche, ecc.).

Tale opportunità verrà recepita quasi cinque anni dopo sulla spinta emotiva della catastrofe di Sarno, in provincia di Salerno (alluvione del 4-5-6 maggio 1998, 159 morti), mediante l'emanazione del Decreto Legge 11 giugno 1998 n. 180 ("Decreto Sarno"), poi convertito nella Legge 3 agosto 1998 n. 267 *"Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"*. All'art. 1 di tale norma si invoca infatti esplicitamente l'utilizzo del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), riconoscendo in esso lo strumento operativo idoneo a:

dott. ing. Alessandro Coccolo, CP Ingegneria, Gemona del Friuli (Udine)

- individuare le zone a rischio idrogeologico;

- perimetrare le aree soggette alle misure di salvaguardia previste fino all'entrata in vigore dei PBI, definite all'art. 6-bis della L. 183/1989 così come integrato dalla L. 493/1993;

- definire le misure medesime.

Da quanto riportato emerge chiaramente la volontà del legislatore nell'abbandonare la tendenza a puntare tutte le carte sulla pianificazione generale di bacino, concentrando in alternativa le risorse sulle situazioni di rischio più eclatanti e conclamate.

Il cosiddetto "Decreto Sarno" viene seguito nello stesso anno dal D.P.C.M 29 settembre 1998, noto come "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2 del D.L. 11 giugno 1998, n. 180" e destinato ad individuare i criteri su cui fondare gli adempimenti previsti dal decreto. In estrema sintesi i punti più significativi riportati in tale disposizione legislativa, ai fini della presente memoria, sono i seguenti:

- viene accettata una zonizzazione territoriale del rischio idraulico condotta in termini di "rischio totale" a gravosità crescente R1, R2, R3, R4 (rischio moderato, medio, elevato, molto elevato), non necessariamente strettamente quantitativa;

- viene richiesta una perimetrazione delle aree inondabili in funzione della ricorrenza dell'evento, distinguendo le aree ad alta, moderata e bassa probabilità di inondazione in base ad un tempo di ritorno rispettivamente pari a 20-50 anni, 100-200 anni, 300-500 anni;

- le aree arginate possono considerarsi a bassa probabilità di inondazione qualora le opere di difesa siano insormontabili da piene a ricorrenza bicentenaria;

- le aree a rischio elevato e molto elevato (R3-R4), sono soggette alle misure di salvaguardia definite all'interno del documento, in conformità all'art. 6-bis della L. 183/1989. Tali vincoli, di natura temporanea, se adottati in assenza di PAI o PBI, rimangono in vigore fino all'approvazione di quest'ultimo.

La sostanziale e per certi versi prevedibile inerzia applicativa del D.L. 180/1998 ha consigliato, un anno più tardi, la modifica del "Decreto Sarno" attraverso l'emanazione dell'art. 1-bis, introdotto con l'entrata in vigore della Legge 13 luglio 1999 n. 226 (tale legge rappresenta la conversione del D.L. 13 mag-

P.A.I. - ARNO		P4 molto elev. P3 elevata P2 media P1 moderata D4 grave D3 medio D2 moderato D1 basso	P.A.I. - ADIGE	
classi di pericolosità			classi di pericolosità	
✓ invaso $h > 0.30$ m	$0 < TR \leq 30$		✓ invaso $h > 1.0$ m	TR=30
			✓ trasferimento $v > 1$ m/s	TR=30
✓ trasferimento	$0 < TR \leq 30$		✓ invaso $0.5 < h \leq 1.0$ m	TR=30
✓ invaso $h \leq 0.30$ m	$0 < TR \leq 30$		✓ invaso $h > 1.0$ m	TR=100
✓ invaso $h > 0.30$ m	$30 < TR \leq 100$		✓ trasferimento $v > 1$ m/s	TR=100
✓ trasferimento	$30 < TR \leq 100$		✓ invaso $0 < h \leq 1.0$ m	TR=100
✓ invaso $h \leq 0.30$ m	$30 < TR \leq 100$			
✓ trasferimento	$100 < TR \leq 200$			
✓ invaso $h \leq 0.30$ m	$100 < TR \leq 200$			
✓ invaso $h > 0.30$ m	$100 < TR \leq 200$			
✓ trasferimento	$200 < TR \leq 500$			
✓ invaso $h \leq 0.30$ m	$200 < TR \leq 500$			
✓ invaso $h > 0.30$ m	$200 < TR \leq 500$			
classi di danno			classi di danno	
✓ agglomerati urbani			✓ centri urbani	
✓ aree con servizi pubblici e privati			✓ beni architettonici, storici, artistici	
✓ insediamenti produttivi di rilievo			✓ insediamenti produttivi	
✓ impianti tecnologici di rilievo			✓ principali infrastrutture viarie	
✓ impianti sportivi e ricreativi			✓ servizi di elevato valore sociale	
✓ strutture ricettive di infrastrutture primarie				
✓ vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale				
✓ agglomerati urbani minori			✓ aree a vincolo ambientale o paesaggistico	
✓ centri produttivi e commerciali minori			✓ aree attrezzate di interesse comune	
			✓ infrastrutture viarie secondarie	
✓ edifici isolati			✓ aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)	
✓ aree agricole				
✓ aree disabitate o improduttive			✓ seminativi	

Differenti classificazioni dei fattori di pericolosità e danno riportate nei Progetti di Piano Stralcio dei fiumi Arno e Adige.

gio 1999 n. 132 "Interventi urgenti in materia di protezione civile"). Con tale articolo viene istituito un nuovo strumento operativo, chiamato Piano Straordinario (PS), finalizzato all'individuazione prioritaria delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (R4) da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime. Il Piano Straordinario deve inoltre comprendere anche le aree a rischio per le quali è stato dichiarato lo stato di emergenza ai sensi della vigente legislazione in materia di Protezione Civile (si veda a riguardo l'art. 5 della Legge 24 febbraio 1992, n. 225 "Istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile").

In preoccupante analogia a quanto già occorso con il "Decreto Sarno", anche l'ultimo atto della normativa italiana in materia di difesa del suolo si materializza improvvisamente in

seguito ad un disastroso evento calamitoso, l'inondazione del camping "Le Giare" di Soverato, in provincia di Cosenza, (9-10 settembre 2000, 13 morti), localizzato nell'alveo del fiume calabro Beltrame. Ad un mese dalla tragedia viene infatti emanato il Decreto Legge 12 ottobre 2000 n. 279 "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito successivamente nella Legge 11 dicembre 2000 n. 365 ("Legge Soverato"). Tale norma vuole colmare le evidenti carenze attuative del "Decreto Sarno", ancorché modificato ed integrato, in quanto alla sua data di entrata in vigore numerose aree ad alto rischio si trovano ancora non perimetrate, prive di misure di salvaguardia o di piani di emergenza di Protezione

Civile. A tale fine la legge prevede che nelle aree a rischio molto elevato (R4) le misure di salvaguardia si applichino immediatamente, fino all'approvazione dei PAI, nelle seguenti condizioni:

- nelle fasce perifluviali di 150 m dalle rive o dagli argini di fiumi, laghi e torrenti, nei comuni per i quali sia stato dichiarato lo stato di emergenza per inondazione ai sensi della L. 225/1992, nonché nelle analoghe zone dei comuni indicati ad alto rischio idrogeologico (R4) nei PS;
- nelle aree con probabilità di inondazione corrispondente alla piena con tempo di ritorno massimo di 200 anni.

Il concetto di rischio idraulico

Il rischio idraulico è una grandezza probabilistica correlata alla possibilità di danno a persone, beni e infrastrutture in conseguenza al trasporto di acqua e di solidi nei corpi idrici superficiali. Essa è strettamente legata alla capacità di smaltimento della rete di drenaggio analizzata, intesa come massima portata transitabile senza generare esondazioni spondali e/o arginali, e può definirsi come distribuzione di probabilità congiunta, secondo l'operatore di convoluzione, di tre variabili aleatorie, di seguito descritte.

$$R = P \cdot E \cdot V = P \cdot D$$

La variabile casuale P , denominata "Pericolosità" (Natural Hazard), esprime la probabilità che un fenomeno di una data intensità si verifichi in un determinato periodo di tempo in una data area. Se ad esempio si indica con X la variabile casuale "serie dei massimi livelli idrometrici annuali in una data zona esondabile" e si definiscono "evento estremo" un valore di X superiore o uguale ad una soglia prefissata x_t , "intervallo di ricorrenza" τ la variabile casuale esprime il lasso temporale intercorrente tra il verificarsi di due eventi estremi, ed infine "tempo di ritorno dell'evento estremo" TR il valore atteso di τ

$$TR = E(\tau)$$

cioè il valore medio di t misurato su di una lunga serie di misurazioni, è possibile dare due definizioni della v.c. "Pericolosità". La prima è quella della Pericolosità idraulica assoluta p_{pass} , corrispondente alla probabilità di verificarsi dell'evento estremo $X \geq x_t$ in assoluto,

$$p_{pass} = P(X \geq x_t) = 1/TR$$

La seconda definizione è quella

relativa alla Pericolosità idraulica residuale p_{res} , indicante la probabilità di accadimento dell'evento estremo X_t in un orizzonte di tempo di "N" anni

$$p_{res} = P(X \geq x_t \text{ almeno 1 volta in } n \text{ anni}) = 1 - (1 - 1/TR)^N$$

Secondo le definizioni date si può osservare come un evento estremo a ricorrenza centenaria ($TR = 100$ anni) produca una pericolosità assoluta $p_{pass} = 1/100 = 1\%$, ma contemporaneamente su di un lasso di tempo finito, ad esempio ventennale, un pericolosità residuale pari a

$$p_{res} = 1 - (1 - 1/100)^{20} = 18,2\%.$$

È evidente come ciò abbia ricadute dirette sulla quantificazione del rischio idraulico, il quale potrebbe in teoria venire valutato alternativamente in via "assoluta" o "residuale".

Per quanto attiene alle restanti variabili casuali che concorrono alla definizione del rischio, la v.c. E , denominata "Esposizione" (Elements at risk), misura l'entità o il valore degli elementi suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi (numero di persone, valore economico di beni, ecc.), mentre la v.c. V , detta "Vulnerabilità" (Vulnerability), ne misura l'attitudine a subire danni per effetto di tali eventi. Sia E che V sono direttamente dipendenti da tipologia ed intensità dell'evento estremo analizzato, e la loro composizione definisce la v.c. D , detta appunto "Danno".

Sulla base delle definizioni susposte è facile comprendere come un approccio strettamente probabilistico al problema della definizione del rischio idraulico presenti un livello di complessità difficilmente superabile e confini inevitabilmente l'analisi al ristretto ambito accademico, prolungando ulteriormente la tempistica di perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico. Questo rischio è stato sicuramente avvertito dal Legislatore, tant'è che nell'atto di indirizzo del "Decreto Sarno" si trova scritto, relativamente alla modalità di quantificazione del rischio idraulico: "... senza tuttavia porsi come obiettivo quello di giungere ad una valutazione di tipo strettamente quantitativo". In sostanza viene accettato dalla Normativa un approccio in termini di rischio totale, in analogia a quanto proposto dal rapporto di Varnes & al. relativamente ai fenomeni franosi (Landslide Hazard Zonation - a review of principles and practice. UNESCO, Paris, 1984), secondo cui:

- l'approccio probabilistico viene sostituito da un approccio di tipo "empirico-moltiplicativo";
- le variabili casuali P , E , V , ven-

gono sostituite da fattori tra loro indipendenti ad intensità crescente P' , E' , V' , il cui prodotto definisce il rischio totale;

- l'aggregazione tra i fattori può avvenire attraverso matrici di interazione (risk matrix).

$$R = P \cdot E \cdot V \Rightarrow P' \cdot E' \cdot V' = P' \cdot D'$$

Tale semplificazione, pur se giustificabile da un punto di vista strettamente operativo, a parere dello scrivente solleva tuttavia alcune perplessità.

L'approccio in termini di rischio totale induce infatti una "soggettività non normata" nelle modalità di composizione, ordinamento e aggregazione per classi delle matrici di interazione. In altri termini non risultano definiti i criteri per cui un generico coefficiente matriciale $P'_i \cdot D'_j$ debba risultare pari a R_1 , piuttosto che R_2 , o altro.

La diretta conseguenza di ciò è una perimetrazione delle aree inondabili, e di conseguenza un regime vincolistico associato alle misure di salvaguardia nelle aree a maggior rischio R3-R4, inevitabilmente disomogenei a scala nazionale. Le diverse classificazioni dei fattori ad intensità crescente e le diverse matrici di interazione indicate nei Progetti di Piano Stralcio dei Bacini dei fiumi Arno (Relazione, Firenze 2002) e Adige (Relazione illustrativa di sintesi, ottobre 2001), riportate in questa memoria a titolo di esempio, ne sono prova evidente.

La definizione del fattore di pericolosità idraulica

Dei tre fattori concorrenti a definire il rischio idraulico totale, il fattore di pericolosità P' è senza dubbio dotato di maggiore significato ingegneristico e difficoltà di valutazione.

Da un punto di vista strettamente qualitativo esso può considerarsi composto da una componente intrinseca "idrologica", legata alla formazione ed al transito delle onde di piena nella rete idrografica quale effetto diretto del ciclo idrologico, ed una componente estrinseca "idraulica", direttamente legata ai fenomeni di esondazione in aree antropizzate e/o infrastrutturate.

Relativamente alla componente idrologica bisogna dire che nella maggioranza dei casi ci si trova ad analizzare serie storiche di misure idrometriche poco consistenti, che rendono spesso necessario il ricorso a procedure di regionalizzazione stati-

	P4	P3	P2	P1
D4		↓		
D3	→	$R? = P3 \cdot D3$	↓	
D2			↓	
D1			→	$R? = P2 \cdot D1$

risk matrix

P.A.I. - ARNO

	P4	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R3	R1
D3	R4	R4	R3	R1
D2	R4!	R3	R2	R1
D1	R2	R2	R1	R1

risk matrix

P.A.I. - ADIGE

	P4	P3	P2	P1
D4	R4	R4	R2	R2
D3	R3	R3	R1	R1
D2	R2!	R2	R1	R1
D1	R1	R1	R1	R1

risk matrix

A sinistra: esempio di matrice di interazione. **A destra:** differenti matrici di interazione ottenute nei Progetti di Piano Stralcio di Arno e Adige. La spezzata in grassetto indica il limite oltre il quale si applicano le misure di salvaguardia. Le discrepanze sono evidenti.

stica o alla modellistica afflussi-deflussi. In quest'ultimo caso è necessario ricordare che la tacita assunzione di isofrequenza tra pioggia generatrice e piena fluviale indotta è in realtà scorretta, e che il tempo ritorno della pioggia di progetto desunta dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica non corrisponde a rigori al tempo di ritorno della portata al colmo generata.

Con riferimento alla componente idraulica del fattore di pericolosità, questa può essere indagata attraverso distinte metodologie. Tralasciando un approccio banale di tipo "statico", secondo cui la capacità di invaso di una zona esondabile viene sondata attraverso considerazioni specifiche sulla topografia e morfologia locale, si possono ricordare sostanzialmente tre approcci distinti:

- metodo storico-inventariale;
- metodi dinamici semplificati;
- metodi dinamici completi.

Attraverso il metodo storico-inventariale si valuta l'attitudine di un'area ad essere inondata a partire dalla memoria di eventi calamitosi passati che abbiano lasciato tracce inoppugnabili del loro passaggio.

I metodi dinamici semplificati operano invece attraverso tre procedure alternative:

1. moto permanente monodimensionale in alveo supponendo argini infinitamente alti, e successiva estensione del pelo libero orizzontale a tutto il transetto idraulico nelle sezioni insufficienti a contenere la portata;

2. posta l'ipotesi aggiuntiva che le lame stramazzanti dagli argini hanno tiranti generalmente modesti, si procede come sopra ma si estende a tutto il transetto idraulico la quota degli argini sormontati anziché il pelo libero ottenuto dalle simulazioni idrauliche;

3. moto permanente monodimensionale in "macroalveo" composto dall'alveo attivo e dalle fasce perfluviiali, le quali partecipano attivamente al deflusso attraverso un idoneo para-

metro di scabrezza.

I metodi dinamici completi prevedono infine l'utilizzo di modelli a moto vario sul tronco idraulico, e la discretizzazione dell'area esondabile in elementi tra loro interconnessi con schema idraulico a stramazzo, a simulare la tracimazione e la diffusione aerea bidimensionale dei deflussi inondanti. È evidente che questo procedimento risulta maggiormente accurato e realistico, tuttavia richiede robuste condizioni al contorno e l'assunzione di numerose ipotesi sui diversi elementi del modello non sempre disponibili.

Dal punto di vista operativo, nella definizione del fattore di pericolosità P' si dovrebbero considerare, in forma più o meno approfondita, almeno cinque parametri fondamentali, quali:

- condizioni topografiche locali, C ;
- cinetica del fenomeno, E (es. fronti d'onda);
- durata dell'allagamento, T ;
- ricorrenza del fenomeno, TR ;
- esistenza di fattori geotecnici predisponenti, G .

$$P' = f(C, E, T, TR, G)$$

L'analisi delle condizioni topografiche locali risulta fondamentale per comprendere se una zona inondabile possa definirsi area di ristagno o di trasferimento dei deflussi. Nel primo caso dovrebbe venire stimata la ricorrenza della grandezza:

$$(tirante idrico \geq h^* \text{ per una durata } \geq t^*)$$

nel secondo caso la ricorrenza della grandezza:

$$(velocità dei deflussi \geq v^*)$$

dove i parametri h^* , t^* , v^* , sono tali da essere riconosciuti "critici" per l'incolumità delle popolazioni e dei beni esposti interferiti.

Va detto che i parametri appena citati non sono tenuti affatto in considerazione dall'atto di indirizzo del D.L. 180/1998, il quale, come precedentemente detto, prevede la formazione delle carte di inondabilità sulla base del solo parametro TR .

$$P'_{(DL180)} = f(TR)$$

Considerazioni conclusive

Attraverso la presente memoria si è cercato di fornire un primo inquadramento sulla vigente legislazione in materia di rischio idrogeologico, delineando inoltre i concetti base necessari alla definizione del rischio idraulico.

Quest'ultimo argomento presenta difficoltà intrinseche notevoli, tali da indurre spesso a semplificazioni drastiche non sempre giustificabili scientificamente. La usuale assunzione di isofrequenza tra pioggia generatrice, piena fluviale ed inondazione areale ne è esempio evidente.

A rendere ulteriormente complesso e confuso il quadro conoscitivo contribuisce inoltre tutta una classe di eventi alluvionali che possono derivare da fenomeni specifici difficilmente prevedibili, come ad esempio i collassi di argini non tracimabili (componente "geotecnica" della fattore di pericolosità) o le occlusioni casuali delle luci dei ponti, tali da mettere in crisi la più raffinata modellistica idraulica e per i quali appare privo di significato ogni tentativo di stima della probabilità di accadimento.

In tali condizioni la finalità giustamente "operativa" della perimetrazione delle aree inondabili dovrebbe consigliare di valutare il fattore di pericolosità P' attraverso tecniche di analisi compatibili con la qualità e la quantità dei dati di input, accettando implicitamente un livello di approssimazione dei risultati confrontabile con quello dei dati disponibili. Sarebbe infine auspicabile che la successiva composizione dei singoli fattori moltiplicativi ad intensità crescente P' , E' , V' , concorrenti alla formazione del rischio idraulico totale, avvenisse attraverso una procedura rigorosamente normata e univoca su tutto il territorio nazionale.

A.C.