



Allegato 4

alla Relazione tecnica del Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

Analisi idraulica sul reticolo idrografico principale (metodo completo)

SPECIFICA TECNICA
Gennaio 2012



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Piano di Gestione del rischio di alluvioni

Data	Creazione: 16/11/2011	Modifica: 27/01/2012
Tipo	Specifica tecnica - Definitivo	
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 9	
Identificatore	Allegato_4_Idraulica.doc	
Lingua	it-IT	
Gestione dei diritti	 CC-by-nc-sa	

Metadata estratto da Dublin Core Standard ISO 15836



Indice

1.	Inquadramento ed obiettivo dell'attività	1
2.	Articolazione dell'attività	2
3.	Quadro delle informazioni di base disponibili	3
3.1.	Informazioni topografiche	3
3.2.	Caratteristiche dei suoli	4
3.3.	Dati e studi idrologici	4
4.	Quadro delle analisi idrauliche pregresse e dei modelli numerici disponibili	5
5.	Valutazione della necessità di sviluppo di nuove elaborazioni e modellizzazioni ed eventuale loro definizione e sviluppo	6
5.1.	Dettaglio degli obiettivi e delle analisi ad essi orientate	6
5.2.	Elaborati di rappresentazione delle analisi	7
6.	Relazione descrittiva dell'attività	10



1. Inquadramento ed obiettivo dell'attività

L'attività di analisi idraulica si inquadra nel programma delle attività finalizzate alla redazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e a supporto del progetto di Variante generale del PAI.

Essa ha come obiettivo la determinazione dei valori delle grandezze fisiche fondamentali per la redazione delle mappe di pericolosità da alluvione e del grado di incertezza ad esse associabile.

Il Decreto Legislativo n. 49 del 23 febbraio 2010 di "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" contiene, in particolare, le seguenti prescrizioni sui contenuti delle mappe di pericolosità:

- perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate dalle alluvioni secondo i seguenti scenari: alluvioni rare (tempo di ritorno fino a 500 anni), alluvioni poco frequenti (tempo di ritorno tra 100 e 200 anni), alluvioni frequenti (tempo di ritorno tra 20 e 50 anni)
- indicazione, per ogni scenario, dei seguenti elementi: estensione dell'inondazione, altezza idrica o livello, caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Inoltre, il Decreto fornisce indirizzi per la redazione dei piani di gestione del rischio di alluvioni e criteri e metodi per l'individuazione delle aree a pericolosità e a rischio di alluvioni, alcuni dei quali tipicamente connessi alle analisi idrauliche: valutazione del ruolo delle pianure alluvionali come aree naturali di ritenzione delle acque e dell'efficacia delle infrastrutture artificiali per la protezione dalle alluvioni, individuazione delle vie di deflusso e delle zone di espansione naturale delle piene.

Infine il Decreto individua come dati ambientali di riferimento, per la delimitazione e l'aggiornamento delle aree a pericolosità idraulica, quelli derivanti dal Piano di telerilevamento ambientale del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'attività, partendo dal quadro delle informazioni disponibili, deve sviluppare le opportune analisi e verifiche finalizzate al raggiungimento dell'obiettivo. Vengono pertanto specificate per le diverse fasi di lavoro prevedibili, le metodologie adottabili, i risultati attesi e i formati di restituzione degli stessi.



2. Articolazione dell'attività

L'attività di analisi idraulica si applica ai tratti del corso d'acqua principali definiti nel Progetto.

La necessità di dati di diversa natura condiziona lo sviluppo dell'attività alla disponibilità e qualità degli stessi e rende necessario eseguire alcune operazioni preliminari di analisi dei dati stessi.

Poiché tali dati provengono, in parte, da altre attività del Progetto, vi è la necessità di costante dialogo tra i tecnici responsabili delle stesse.

La disponibilità, infine, di studi pregressi e di modelli numerici di simulazione del deflusso in piena utilizzabili, determina una diversa articolazione delle elaborazioni da compiere per giungere alla determinazione dei valori delle grandezze fisiche fondamentali per la redazione delle mappe di pericolosità da alluvione e del grado di incertezza ad esse associabile.

L'attività deve essere sviluppata secondo le seguenti fasi:

- quadro delle informazioni di base disponibili;
- quadro delle analisi idrauliche pregresse e dei modelli numerici disponibili;
- valutazione della necessità di sviluppo di nuove elaborazioni e modellizzazioni ed eventuale definizione e sviluppo delle stesse;
- redazione della relazione descrittiva dell'attività.

Per ogni fase e per le sue diverse articolazioni, sono descritte le metodologie, i risultati attesi ed i formati di rappresentazione degli stessi.



3. Quadro delle informazioni di base disponibili

Tale fase riguarda la raccolta di tutte le informazioni che costituiscono la base delle valutazioni idrauliche: dati topografici, geometrici e geomorfologici, caratteristiche di uso del suolo e di vegetazione dell'alveo inciso e delle aree inondabili, esiti della specifica attività riguardante l'idrologia di piena e dati idrologici specifici. Si può perciò articolare come di seguito esposto.

3.1. Informazioni topografiche

Il rilievo topografico di riferimento su tutto il bacino del Po è il DTM dei Piani di telerilevamento nazionale del Ministero dell'Ambiente (di seguito *DTM di riferimento*). Pertanto esso deve essere acquisito e ne devono essere raccolte le informazioni relative alle date dei voli di rilevamento lungo tutto il tratto di corso d'acqua in studio.

Si deve tenere presente che il *DTM di riferimento* costituisce un patrimonio conoscitivo di grande valore, ma non è completo di tutte le informazioni necessarie per le valutazioni idrauliche. Infatti, la tecnica utilizzata non ha permesso il rilevamento delle quote delle parti dell'alveo inciso sommerse al momento del campionamento; inoltre non sono state fornite le ulteriori informazioni topografiche necessarie per caratterizzare gli elementi convenzionalmente non rappresentati nei DTM ma in grado di condizionare il deflusso (edifici ed infrastrutture non in terra, come manufatti idraulici di regolazione, ponti, muri di contenimento, ecc.). Pertanto, sia al fine di completare tali informazioni, sia al fine di valutare il grado di rispondenza delle analisi idrauliche pregresse alle attuali condizioni del corso d'acqua e del territorio connesso, devono essere raccolti gli altri più recenti rilievi disponibili in grado di caratterizzare geometricamente, mediante sezioni e profili, l'alveo inciso, le aree inondabili e tutte le opere idrauliche e le infrastrutture che determinano condizionamento al deflusso e all'espansione delle piene. Qualora opportuno, anche in relazione alle caratteristiche dei suddetti rilievi, si potranno acquisire anche i DSM del Ministero dell'Ambiente.

Dei rilievi recenti disponibili devono essere acquisite le informazioni relative alle date di esecuzione e alla rete di inquadramento e di appoggio. Dei caposaldi utilizzati devono essere acquisite le monografie.

Qualora esistano altri rilievi recenti solo per una parte del tratto di corso d'acqua oggetto di analisi, gli eventuali rilievi precedenti interessanti un più esteso tratto devono essere acquisiti anche per la parte coperta dal rilievo più recente, al fine di fornire elementi di confronto.

Per le opere idrauliche o infrastrutturali in genere, in mancanza di dati di rilievo topografico, devono essere reperiti i progetti dei manufatti presso gli enti competenti. Qualora tale operazione risultasse particolarmente difficile od onerosa, devono almeno essere eseguiti rilievi speditivi mediante sopralluogo.

Poiché la redazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni deve essere basata sul *DTM di riferimento*, le sezioni topografiche relative agli altri rilievi devono essere oggetto di confronto con le sezioni estratte dal *DTM di riferimento*. Anche i piani quotati o i DTM relativi ad altri rilievi devono essere confrontati con il *DTM di riferimento*. In particolare, in caso di disponibilità di modelli numerici di simulazione del deflusso in piena, il confronto deve permettere di valutare il grado di corrispondenza tra i dati geometrici del modello e quelli ricavabili dal *DTM di riferimento*.

Dei confronti suddetti deve essere fornita apposita descrizione nella relazione dell'attività corredata dai necessari elaborati grafici.

Elaborati di rappresentazione delle analisi:

- tabelle e grafici di confronto tra le diverse sezioni topografiche e tra i diversi DTM disponibili, in formato di testo e foglio elettronico,



- cartografia di rappresentazione delle sezioni topografiche con elementi vettoriali in formato “*shapefile*”
- DTM in formato sia “*ASCII GRID*” che “*ESRI GRID*”.

3.2. Caratteristiche dei suoli

Questa fase deve essere svolta in connessione con l'attività relativa alla mappatura della vulnerabilità, nell'ambito della quale sono trattati i dati relativi all'uso del suolo.

In caso di nuove verifiche idrauliche, sulla base della carta degli usi del suolo resa disponibili nell'attività suddetta, deve essere redatta una legenda specifica per caratterizzare la resistenza al moto media associabile ad ogni uso del suolo e un intervallo di variazione massima della stessa, utile per valutare l'incertezza dei risultati mediante analisi di sensibilità.

In caso di analisi bidimensionali deve essere redatta, eventualmente con il supporto delle più recenti foto aeree, una mappa delle caratteristiche di resistenza al moto, rappresentando quest'ultima mediante il parametro di scabrezza di Strickler.

In relazione alla resistenza al moto della corrente, devono inoltre essere descritte, qualora disponibili o rilevabili a vista, le caratteristiche granulometriche dell'alveo.

Elaborati di rappresentazione delle nuove analisi:

- delimitazione delle classi di scabrezza associate all'uso del suolo, con elementi vettoriali in formato “*shapefile*”

3.3. Dati e studi idrologici

Questa fase deve essere svolta in connessione con l'attività relativa all'idrologia di piena ed ai cambiamenti climatici.

In relazione agli esiti di tale attività e ai tempi di realizzazione degli aggiornamenti dei dati idrologici e delle elaborazioni relative alla stima probabilistica dei colmi, dei volumi e delle forme delle onde di piena e dell'effetto dei cambiamenti climatici sulle stesse, devono essere assunte le portate e, dove opportuno, le onde di piena di riferimento di tempo di ritorno di 10 o 20, 100 o 200 e 500 anni (i tempi di ritorno di riferimento devono coincidere, per ogni corso d'acqua con quelli già definiti nella specifica Direttiva del vigente Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico). Nel caso più ricorrente in cui sia necessario disporre delle onde di piena di riferimento, qualora risultino disponibili solamente i valori al colmo di assegnato tempo di ritorno, devono essere comunque assunti degli idrogrammi di portata di riferimento, mediante metodologie (speditive o corrispondenti al livello di analisi massimo) concordate con i referenti dell'attività relativa all'idrologia di piena.

Di concerto con i medesimi referenti, ad ogni portata al colmo e ad ogni onda di piena di riferimento deve essere associato un *livello di confidenza* alto, medio o basso.

In relazione alla eventuale necessità di nuove elaborazioni e modellizzazioni idrauliche, devono essere acquisite le informazioni idrometriche e correntometriche disponibili relative ai più recenti eventi di piena (misure di livello, misure di portata, scale di deflusso, rilievi o picchettature di piena, tiranti osservati e aree allagate).

Elaborati di rappresentazione delle analisi:

- tabelle e grafici di rappresentazione degli idrogrammi di portata assunti a riferimento per le sollecitazioni dei modelli utilizzati a supporto delle verifiche idrauliche, in formato di testo e foglio elettronico.



4. Quadro delle analisi idrauliche pregresse e dei modelli numerici disponibili

Questa fase riguarda la raccolta degli studi idraulici più recenti eseguiti sul tratto di corso d'acqua oggetto dell'analisi idraulica o eventuali sue parti e dei modelli numerici di simulazione del deflusso in piena disponibili, in relazione anche alle eventuali necessità di licenze d'uso dei software mediante i quali sono stati sviluppati.

Degli studi devono essere evidenziate le seguenti caratteristiche:

- obiettivo dello studio,
- età e qualità dei dati topografici, di uso del suolo e relativi all'idrologia di piena utilizzati per le analisi,
- metodi di analisi e di verifica idraulica utilizzati,
- risultati ottenuti e loro rappresentazione.

Dei modelli numerici di simulazione del deflusso in piena disponibili devono essere evidenziate, quando possibile, le seguenti caratteristiche:

- ambiente e codice di calcolo utilizzato (con indicazione della necessità di licenza d'uso)
- estensione del tratto di corso d'acqua simulato,
- schemi di calcolo adottati,
- caratteristiche del modello geometrico (età, accuratezza e precisione dei dati topografici e cartografici utilizzati; frequenza e distribuzione spaziale delle informazioni)
- principali parametri adottati,
- disponibilità di una taratura su eventi di piena recenti e risultati della stessa.

Elaborati di rappresentazione delle analisi:

- tabelle e grafici comparativi, in formato di testo e di foglio elettronico.



5. Valutazione della necessità di sviluppo di nuove elaborazioni e modellizzazioni ed eventuale loro definizione e sviluppo

Questa fase riguarda la valutazione, sulla base degli esiti delle due fasi precedenti, della necessità o meno di sviluppare nuove elaborazioni idrauliche o anche nuove modellizzazioni numeriche per poter conseguire l'obiettivo dell'attività e, in caso affermativo, la definizione delle nuove elaborazioni ed eventualmente delle nuove modellizzazioni necessarie e il loro sviluppo.

Sono definite le analisi da compiersi e gli elaborati di rappresentazione dei risultati.

5.1. Dettaglio degli obiettivi e delle analisi ad essi orientate

Si intende determinare, lungo il tratto di corso d'acqua oggetto dell'analisi, i valori delle grandezze fisiche fondamentali per la redazione delle mappe di pericolosità da alluvione e il grado di incertezza ad esse associabile. In particolare devono essere individuati, per ogni scenario, le portate e le velocità medie di deflusso, le altezze idriche e i livelli di piena.

Inoltre deve essere espressa una valutazione della capacità di laminazione naturale delle piane inondabili e delle golene, devono essere individuate le vie di deflusso e le zone di espansione naturale delle piene e devono essere forniti gli elementi per la valutazione dell'efficacia delle infrastrutture artificiali per la protezione dalle alluvioni.

Pertanto, per ognuno degli scenari di riferimento devono essere definiti i seguenti elementi caratteristici:

- livelli idrici e portate al colmo lungo l'asse fluviale per tutta l'estensione del tratto in studio, con frequenza di calcolo sufficiente ai fini della valutazione delle aree inondabili;
- velocità medie nell'alveo inciso e nelle piane inondabili e nelle golene, relative alla situazione al colmo;
- distribuzione spaziale, almeno ad un grado preliminare, dei livelli di piena nella regione fluviale.

Qualora le informazioni di base lo permettano, devono essere definiti anche gli ulteriori seguenti elementi:

- tempi di traslazione dei colmi di piena
- volumi invasati, tiranti idrici al colmo e tempi di permanenza delle acque di piena nelle piane inondabili e nelle aree golenali,
- temi di permanenza di livelli significativamente superiori al piede dei rilevati arginali nei tratti arginati

Tali elementi devono essere definiti mediante modelli numerici di simulazione del deflusso in piena complessivamente in grado di coprire con continuità tutta l'asta oggetto di analisi.

Deve essere assegnato ai risultati delle analisi, o se opportuno, ad ognuno degli elementi caratteristici, un *livello di confidenza*, distinto nelle seguenti tre classi: ALTO, MEDIO o BASSO. Esso dipende dalla disponibilità e qualità dei dati di base e degli elementi conoscitivi utilizzati per l'implementazione del modello di simulazione, dal livello di confidenza delle portate al colmo e delle onde di piena di riferimento utilizzate, dalla tipologia del modello medesimo e dalla complessità dei processi di allagamento simulati.



In relazione all'esito delle fasi ricognitive dei dati disponibili e alle caratteristiche dei dati e dei metodi utilizzati nelle analisi idrauliche già svolte, deve essere espresso un giudizio sull'attitudine di tali analisi a definire gli elementi caratteristici elencati e sul loro livello di confidenza.

La valutazione deve essere basata sull'analisi del grado di accuratezza, aggiornamento e dettaglio delle analisi idrauliche pregresse e della disponibilità di informazioni più recenti.

Si devono mettere a confronto:

- i dati di base utilizzati negli studi pregressi con i dati oggi disponibili, tenendo conto del loro grado di incertezza
- le caratteristiche dei metodi di analisi e di verifica idraulica utilizzati e la loro attitudine a restituire gli elementi caratteristici necessari per la mappatura della pericolosità.
- la completezza delle analisi in relazione alla necessità di rappresentare, le condizioni di pericolosità mediante gli scenari di piena relativi ai tre tempi di ritorno di riferimento.

Sulla base di tale giudizio si deve stabilire se sia necessario procedere a nuove elaborazioni.

In caso di necessità di nuove elaborazioni, deve essere valutato se vi siano modelli di simulazione disponibili ed utilizzabili e, in questo caso, devono essere valutati la loro adeguatezza e il loro grado di aggiornamento rispetto alle finalità delle analisi, allo scopo di decidere se utilizzarli per le nuove elaborazioni o se sviluppare, mediante i codici di calcolo disponibili, nuove modellizzazioni numeriche.

5.2. Elaborati di rappresentazione delle analisi

I risultati delle analisi idrauliche assunte a riferimento per la redazione delle mappe di pericolosità, devono rappresentare il livello idrico massimo e la portata massima relativi ad ogni tempo di ritorno considerato, in ogni sezione di calcolo. Tali risultati devono essere rappresentati sia mediante tabelle e grafici riepilogativi, sia mediante elementi vettoriali e *raster* di un sistema GIS. Pertanto devono essere prodotti i seguenti elaborati:

- tabelle e grafici dei livelli idrici e delle portate al colmo lungo l'asse fluviale per tutta l'estensione del tratto in studio, contenenti i valori in ogni sezione di calcolo, in formato di testo e di foglio elettronico,
- tabelle e grafici delle velocità medie nell'alveo e nelle aree golenali, relative alla situazione al colmo, in formato di testo e di foglio elettronico,
- vettoriali dei punti di calcolo lungo l'asse fluviale, in "*shapefile*", con i valori associati dei livelli idrici, delle portate e delle velocità medie al colmo, per tutta l'estensione del tratto in studio,
- almeno per lo scenario di piena poco frequente, rappresentazione cartografica di sintesi, con elementi vettoriali in formato "*shapefile*", delle velocità medie nell'alveo inciso e nelle piane inondabili e nelle golene, relative alla situazione al colmo, o almeno delimitazione delle porzioni di sezione trasversale con velocità maggiori o minori di 0.4 m/s;

Qualora le informazioni di base lo permettano, devono essere prodotti anche i seguenti elaborati:

- tabelle e grafici dei tempi di traslazione dei colmi di piena, in formato di testo e di foglio elettronico,
- tabelle e grafici dei volumi invasati, dei tiranti idrici al colmo e dei tempi di permanenza delle acque di piena nelle aree golenali, in formato di testo e di foglio elettronico,
- tabelle e grafici dei tempi di permanenza di livelli significativamente superiori al piede dei rilevati arginali nei tratti arginati, in formato di testo e di foglio elettronico,



I risultati devono inoltre essere rappresentati mediante DEM contenenti i valori delle grandezze idrauliche principali, definiti in funzione dello schema modellistico adottato, come di seguito specificato.

Schema monodimensionale.

Deve essere costruito, per ogni tempo di ritorno, un modello digitale delle elevazioni corrispondenti ai livelli massimi risultanti nel modello idraulico di simulazione lungo l'asse fluviale, nel seguito indicato con il termine di *DEM liquido*.

Esso sarà costruito mediante i passi seguenti.

- 1) Associazione del livello idrico massimo in quote assolute ottenuto nella simulazione, ad ogni nodo di calcolo dei livelli del modello idraulico.
- 2) Individuazione delle tracce planimetriche delle sezioni trasversali corrispondenti ad ogni nodo del punto 1.
- 3) Assegnazione ad ognuna delle sezioni del punto 2 del livello idrico massimo, in quote assolute, risultante dalla simulazione idraulica nel corrispondente nodo di calcolo del modello.
- 4) Costruzione di una superficie continua mediante tecniche di interpolazione spaziale delle quote idriche assegnate alle sezioni, su tutto il dominio coperto dal DTM del terreno di riferimento o su un suo sottoinsieme sufficientemente ampio da considerare tutte le aree potenzialmente soggette ad inondazione per l'evento di tempo di ritorno di 500 anni.
- 5) Realizzazione del *DEM liquido* come griglia a maglia quadrata costante di passo pari a quello del DTM del terreno e ad esso sovrapponibile, contenente, per ogni elemento, la corrispondente quota media della superficie descritta al punto 4, per tutto il dominio di rappresentazione della stessa.

In relazione al punto 2, qualora siano disponibili le effettive tracce delle sezioni trasversali utilizzate nei calcoli idraulici, sarà eventualmente necessario estenderle fino ai limiti del dominio descritto al punto 4, ed eventualmente riorientarle, tenendo conto della necessità di evitare sovrapposizioni tra le tracce di sezioni, all'atto della costruzione della superficie di interpolazione. Qualora invece non siano note le effettive tracce delle sezioni trasversali utilizzate nei calcoli idraulici, devono essere disegnate ex-novo, con giudizio esperto, le tracce delle sezioni cui attribuire le quote di massima piena. Tali sezioni potranno essere anche spezzate, in considerazione sia della direzione principale di deflusso in alveo, rappresentata dall'asse fluviale, sia, eventualmente, delle direzioni principali di deflusso nelle golene o nelle piane inondabili, sia della morfologia del terreno.

In relazione al punto 4, la tecnica di interpolazione scelta deve garantire l'assenza di gradini e deve essere sufficientemente accurata da evitare bruschi cambi di pendenza in direzione trasversale a quella dell'asse fluviale. Inoltre deve essere estesa anche al di fuori del campo di simulazione del modello, cioè oltre il limite delle sezioni geometriche considerate nei calcoli idraulici, come specificato al punto 4, allo scopo di poter valutare le aree sottogiacenti alle quote di piena anche all'esterno delle zone di flusso.

Schema quasi-bidimensionale

Il *DEM liquido* sarà realizzato con simili modalità, tenuto conto delle maggiori informazioni disponibili relative agli eventuali diversi livelli idrici possibili lungo rami paralleli e quindi della possibilità di discontinuità in corrispondenza dei tratti modellati con rami paralleli o celle di invaso.

Schema bidimensionale

Il *DEM liquido* non sarà più uno strumento intermedio utile per la mappatura della pericolosità, ma sarà direttamente corrispondente con l'inviluppo delle aree allagabili risultanti dall'analisi idraulica bidimensionale e le quote idriche assolute saranno direttamente ricavate da quelle massime risultanti dalla simulazione. Pertanto non sarà finalizzato alla valutazione delle aree del territorio sottogiacenti alle quote di piena, ma alla diretta rappresentazione delle aree inondabili e dei tiranti idrici corrispondenti ai diversi eventi di riferimento. Saranno quindi rappresentati mediante DEM anche i tiranti e, inoltre, le velocità, per tutta l'estensione del dominio di calcolo. Tale dominio deve essere sufficientemente ampio da considerare tutte le aree potenzialmente soggette ad inondazione per l'evento di tempo di ritorno di 500 anni.

Devono quindi essere redatti gli ulteriori seguenti elaborati di rappresentazione dei risultati:



6. Relazione descrittiva dell'attività

Essa deve contenere la descrizione, anche mediante il corredo di tabelle, grafici e cartogrammi illustrativi:

- delle analisi descritte al capitolo 3,
- delle analisi descritte al capitolo 4,
- della valutazione descritte al capitolo 5,
- delle nuove elaborazioni eventualmente svolte con specificazione:
 - delle metodologie utilizzate
 - dei dati di base utilizzati
 - degli algoritmi di calcolo impiegati e delle elaborazioni condotte
 - dei risultati delle tarature effettuate nei modelli
 - dei risultati delle verifiche effettuate negli scenari di riferimento per la mappatura della pericolosità, con descrizione degli elementi caratteristici del fenomeno di piena elencati al capitolo 5, con l'associata incertezza.